

Aus der Universitäts-Strahlenklinik in Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochemont

Größe und Variabilität der Stirnhöhlen eines klinisch normalen Kollektives

Untersuchungen an 500 Piloten

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von

Peter Fiegel
aus Frankenstein

Marburg 1967

Aus der Universitäts-Strahlenklinik in Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. R. du Mesnil de Rochemont

Größe und Variabilität der Stirnhöhlen eines klinisch normalen Kollektives

Untersuchungen an 500 Piloten



Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades
in der gesamten Medizin der Hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität zu Marburg

vorgelegt von

Peter Fiegel

aus Frankenstein

Marburg 1967



Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 8. Aug. 1967
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät
Dekan : Prof. Dr.med. et Dr.med.dent. H. Heuser
Referent : Prof. Dr.med. H. J. Süsse
Correferent : Prof. Dr.med. J. Berendes

Meiner Mutter in Dankbarkeit gewidmet.

G l i e d e r u n g

1.	Einleitung	6
2.0	Anatomie des Stirnhöhlenareales	9
2.1	Definition und Lage der Stirnhöhlen	9
2.2	Form und Ausdehnung der Stirnhöhlen	9
2.3	Versorgung mit Gefäßen und Nerven	11
3.0	Topographische Verhältnisse im Stirnhöhlenbereich	14
3.1	Verbindungen zu anderen Nasennebenhöhlen	14
3.2	Verbindungen zur Nasenhöhle	14
3.3	Beziehungen zu benachbarten Geweben, Schädelkapsel und Gehirn	15
4.0	Darstellung der mikroskopischen Anatomie der Stirnhöhlenschleimhaut und des angrenzenden Knochens	17
4.1	Bau der Schleimhaut	17
4.2	Sekretorische Funktion und Ernährung der Schleimhaut	17
4.3	Aufbau der subepithelialen Schicht und des angrenzenden Knochens	17
5.0	Ausgestaltung der Stirnhöhlenhohlräume	19
5.1	Überblick über die Entwicklung	19
5.2	Verfolgung der Stirnhöhlenentwicklung im Röntgenbild	19
5.3	Morphologisch-histologische Vorgänge bei der Ausgestaltung der Stirnbeinhohlräume	20
6.0	Ursächliche Faktoren für die Stirnbeinpneumatisation	23
6.1	Einfluß des Luftdruckes	23
6.2	Funktion der Schleimhaut	23
6.3	Bedeutung statisch-mechanischer Faktoren über den Knochen	24
6.4	Einfluß der allgemeinen Druck- u. Hydrodynamik	25

7.0	Die "physiologischen Funktionen" der Stirnhöhle	28
7.1	Mitwirkung bei der Steuerung der Atmung	28
7.2	Bedeutung als Resonanzraum bei der Phonation	28
7.3	Thermoregulatorische Funktionen	29
7.4	Deutung der Pneumatisation als Ausdruck statisch-mechanischer Erfordernisse der Schädelarchitektur	30
8.0	Die Stirnhöhle im Röntgenbild	32
8.1	Beschreibung nicht krankhafter Variationen der Form und Größe	32
8.2	Einfluß pathologischer Vorgänge im Schädelbereich auf die Pneumatisation	33
8.21	Auswirkungen von Schleimhautschäden	33
8.22	Auswirkungen der Knochenschäden	34
8.23	Pneumatisationsbeeinflussung durch andere Erkrankungen	35
9.0	Darstellung der Untersuchungsergebnisse anderer Autoren über Größe und Form der Stirnhöhlen	38
9.1	Aussagen über die Größe	38
9.2	Angaben über Asymmetrien und Fehlen von Stirnhöhlen	41
10.0	Eigene Untersuchungen	43
10.1	Auswahl des untersuchten Kollektives	43
10.11	Die Untersuchungsmethoden zur Auswahl der Flugzeugführer	46
10.2	Beschreibung des Meßverfahrens	47
10.3	Beschreibung des Röntgenaufnahmeverfahrens	47
10.4	Definition der Stirnhöhlengrenzen	51
11.0	Ergebnisse der eigenen Untersuchungen	53
11.1	Stirnhöhlenhöhen rechts und links	53
11.2	Stirnhöhlenbreite rechts und links	54
11.3	Stirnhöhlenflächen	55
11.4	Beobachtung von Asymmetrien, Größenunterschieden zwischen rechts und links und Aplasien	57

12.o	Zusammenfassender Überblick und Diskussion der Ergebnisse	61
13.o	Zusammenfassung	64
	Literaturverzeichnis	66

1. Einleitung

Die überraschende Vielseitigkeit der menschlichen Stirnhöhlen ist ein Problem, dem bereits viele Untersuchungen gewidmet wurden und das sehr verschiedenartige Deutungen erfahren hat. Die bereits zahlreich vorliegenden statistischen Erhebungen über Größe, Form und Entwicklung und über Asymmetrien wurden an Kollektiven durchgeführt, über deren Zusammensetzung die Autoren größtenteils keine Angaben gemacht haben und die sich vorwiegend wohl aus Personen zusammensetzten, die wegen Beschwerden im Hals-Nasen- und Ohrenbereich bzw. in der Kopfregion den Arzt aufsuchten. So basieren zahlreiche Angaben auf der Auswertung der bei dieser Gelegenheit angefertigten Röntgenaufnahmen der Nasennebenhöhlen. Solange die individuelle Entwicklung der Stirnhöhle als ein auf die Stirnhöhlen selbst, ihre Schleimhaut und ihre knöcherne Umgebung beschränktes Problem angesehen wurde, schienen diese Beurteilungsgrundlagen ausreichend.

Vor etwa zwei Dezennien beginnend und sich in den letzten Jahren verdichtend, erschien jedoch eine Reihe von Veröffentlichungen, aus denen hervorgeht, daß der Grad der Pneumatisation der Stirnhöhlen mit den Entwicklungsverhältnissen innerhalb des Hirnschädels koordiniert zu sein scheint, was für einige der Variationen, z.B. der übergroßen Ausbreitung der Stirnhöhle auf der Seite einer cerebralen Dysplasie, inzwischen als gesichert angesehen werden darf.

Danach wäre die Entwicklung der Stirnhöhlen ganz allgemein weitgehend von den Entwicklungsverhältnissen innerhalb des Hirnschädels, vor allem wohl seiner frontalen Region, abhängig und die großen individuellen Unterschiede in der Architektur der Stirnhöhlen wären individuelle Abwandlungen, die, zum Teil wenigstens, auf individuelle Entwicklungsatypien innerhalb des Endocraniums zurückzuführen sind. Eine weitere Sicherung dieser Vorstellung wäre von großer Bedeutung für die röntgendiagnostische Praxis, weil sich dann aus der röntgenologisch leicht erfaßbaren Architektur der Stirnhöhlen gewisse Hinweise auf die Hirnverhältnisse ableiten ließen.

Aber eben diese große Variabilität der Anlage macht den Versuch notwendig, die als normal anzusehende Variationsbreite zu bestimmen. Da nun die Entwicklung der Stirnhöhlen offensichtlich nicht mehr als ein rein lokal begrenztes, sondern unter anderem auch von den Verhältnissen im Endokranium beeinflusstes Phänomen aufgefaßt werden muß, erscheint es geraten, zu derartigen Untersuchungen nicht die Röntgenaufnahmen von Patienten mit Beschwerden im Kopfbereich heranzuziehen, da diese ja schon eine gewisse Auslese von Atypien darstellen dürften, vielmehr ein Kollektiv zu suchen, das weder subjektive Beschwerden, noch objektive Veränderungen organischer oder funktioneller Art im Hals-Nasen-Ohrenbereich sowie der ganzen Kopfgregion aufweist. Hierfür müßten, wie noch zu begründen sein wird, auch stärkere Durchblutungsstörungen im Schädel ausgeschlossen sein.

Ein solches Kollektiv zu finden, ist schwierig, da ja keine Personen genommen werden können, die von irgendwelchen Beschwerden zum Arzt geführt wurden und weil nur aufwendige Untersuchungen den weitgehenden Normalzustand in der ganzen Kopfgregion sicherstellen können.

Deshalb wurde von Süssle bereits vorgeschlagen, die Erhebungen an getesteten Piloten vorzunehmen. Sie stellen ein Kollektiv dar, das den Idealforderungen weitgehend gerecht wird. Es ist dem freundlichen Entgegenkommen des Herrn Generalarztes Dr. med. Joedicke und des Herrn Oberarztes Dr. med. Lauschner zu danken, daß ich hierfür von fünfhundert Piloten im Alter von 19 - 25 Jahren die Unterlagen der ärztlichen Untersuchungen, die Ergebnisse der speziellen Testung auf Fliegertauglichkeit und die routinemäßig angefertigten Aufnahmen der Nasennebenhöhlen mit dem Ziele auswerten konnte, damit Näheres über die Größe, Form, Variabilität und Asymmetrie bei völlig gesunden Personen mit Abschluß des Wachstumsalters zu erfassen. Die damit festliegende normale Schwankungsbreite kann später eine Unterlage dafür bilden, die Stirnhöhlenentwicklung bei den verschiedensten Abweichungen von der Norm, u.a. bei Augenfehlern, zu untersuchen. Denn neben dem praktischen Nutzen, den die Beurteilung der Stirnhöhlen z.B. für die Schädelagnostik hat, kann sie als ein geeignetes Modell für das Studium gewisser Wachstumsfragen

und der Beziehungen gelten, die zwischen verschiedenen, benachbarten Geweben während des Wachstums bestehen.

2.0 Anatomie des Stirnhöhlenareals.

2.1 Definition und Lage der Stirnhöhlen.

Die Stirnhöhlen stellen paarige, mit Schleimhaut ausgekleidete, lufthaltige Nebenhöhlen der Nasenhöhlen dar, durch welche das Stirnbein in einen pneumatisierten Knochen verwandelt wird. (Siegelbaur) Sie dehnen sich vor allem in jenem Teil des Stirnbeins aus, welcher dem medialen Teil des Arcus superciliaris entspricht. Die untere Grenze wird dabei in der Regel mit den Suturae nasofrontales und frontomaxillares zusammenfallen.

Es ist schwierig zu entscheiden, ob die pneumatisierten Räume des Os nasale den Stirnhöhlen zuzurechnen sind, oder ob es sich dabei um Siebbeinzellen handelt. Sitsen rechnet sie zu den Sinus frontales, und so soll es auch in dieser Arbeit geschehen, da im Röntgenbild eine Begrenzung zwischen Nasen- und Stirnbein häufig nicht eindeutig erkennbar ist.

2.2 Form und Ausdehnung der Stirnhöhlen.

Über die Form der Stirnhöhlen orientiert am besten der Sagittalschnitt. Die Vorderwand stößt oben mit der Hinterwand spitzwinklig zusammen. Beide Wände bilden mit der leicht nach hinten abfallenden Unterwand ein spitzwinkliges Dreieck. (Hafferl)

Eine ähnlich charakteristische Form wie in der Sagittalebene, läßt sich in der Frontalebene nicht feststellen.

Die Vorderwand ist bei großen Stirnhöhlen besonders ausgelehnt, sodaß sie sich nach lateral bis in den Processus zygomaticus erstrecken kann. (Abb.1) Nach oben überschreitet sie in der Regel nicht den Haaransatz. Die Hinterwand bildet einen Teil der vorderen Schädelgrube (Abb. 2) (Onodi).

Der Boden der Stirnhöhle gliedert sich in die sehr dünne Pars orbitalis und die Pars nasalis, welche direkt von den Cellulae ethmoidales unterlagert wird, die bei starker Entwicklung in den Sinus vorspringen können. (Töndury)



Abb. 1 Die Schädelkalotte ist abgetragen. Man blickt in außer-
gewöhnlich nach lateral entwickelte Stirnhöhlen. Auf
beiden Seiten sind die Sinus durch Septen unterteilt.
(nach Onodi, A. loc. cit.)

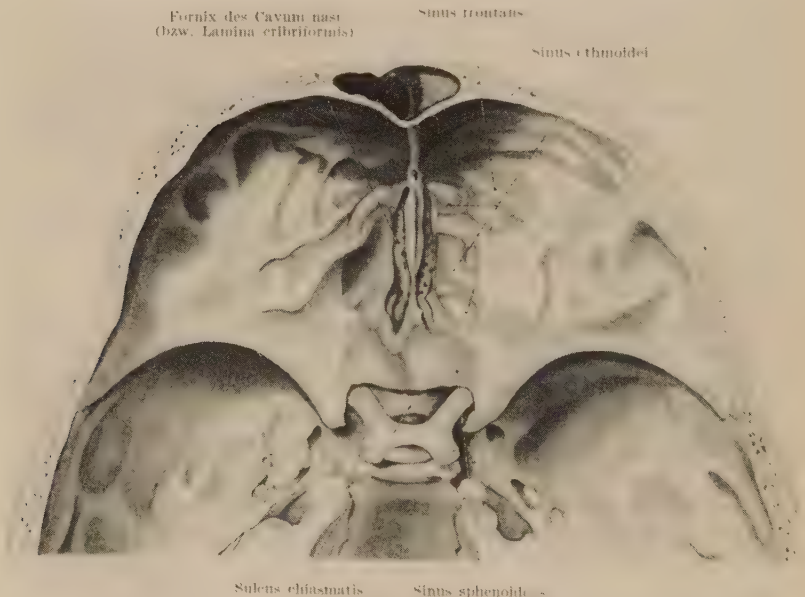


Abb. 2 Die Hinterwand der Sinus frontales, das Dach der Sinus
ethmoidalis und der Sinus sphenoidalis sind durch Schwär-
zung sichtbar gemacht. Die Hinterwand der Stirnhöhlen
bildet einen Teil der vorderen Schädelgrube. (nach Ferner)

Nach der Ausdehnung sind verschiedene Teile, Recessus, der Stirnhöhlen zu unterscheiden: ein Recessus orbitalis der im Dach der Orbita ausgebildet ist und zuweilen bis zum Foramen opticum reicht (Onodi), ein Recessus temporalis, der bis in den Processus zygomaticus hineinreichen kann, ein Recessus frontalis, der bis zum Haaransatz hinaufreichen und mit septen-ähnlichen Knochenleisten ausgestattet sein kann, die, wenn sie bis zum Orbitalbogen hinabreichen, den Eindruck vermitteln, es seien mehr als zwei Stirnhöhlen vorhanden.

Die mediale Wand der Stirnhöhlen wird von dem Septum interfrontalium gebildet, das häufig nach einer Seite verschoben ist, wodurch eine bilaterale Symmetrie nicht vorhanden zu sein scheint. (Sitsen) Die Breite des Septums ist ebenfalls verschieden. Gewöhnlich stellt es sich im Röntgenbild als schmaler Schattenstreifen dar. In anderen Fällen fehlt es vollkommen, sodaß beide Stirnhöhlen eine einzige Kammer bilden.

Oft ist die linke Stirnhöhle größer als die rechte. Ebenso kommen Hypo- und Aplasien rechts häufiger vor als links. Ein Zusammenhang zwischen dem Abstand der Orbitae zueinander und der Höhe der Stirnhöhlen besteht nicht, ebenso konnte ein Zusammenhang zwischen der Größe der Stirnhöhlen und einer Septumsdeviation oder der Pneumatisation des Warzenfortsatzes nicht festgestellt werden. (Richter)

Die Vorderwand der Stirnhöhlen ist in der Regel mit 1-5 mm Dicke am stärksten, die Hinterwand ist fast immer dünner, nämlich 1-3 mm. Die dünnste Wand ist die Pars orbitalis des Stirnhöhlenbodens, die oft nur seidenpapierdünn ist. (Onodi)

2.3 Versorgung mit Gefäßen und Nerven.

Die arterielle Blutversorgung der Nasennebenhöhlen erfolgt einmal aus Endästen der Arteria maxillaris, also aus Gefäßverzweigungen der Arteria carotis ext., zum anderen aus Endästen der Arteria ophthalmica, die ihre Zuflüsse von der Arteria carotis int. erhält.

Die Arteria sphenopalatina geht aus der Arteria maxillaris hervor, die sich in der Fossa pterygopalatina aufzweigt und mit diesem Endast ein arterielles Gefäßnetz speist, das einen Teil seiner Zweige gegen das Siebbeinlabyrinth und in die Stirnhöhlen abgibt. (Zucker кандl)

Wichtiger sind die Zweige und Endäste der Arteria ethmoidalis ant., die durch den Canalis orbitocranialis in die Schädelhöhle eintritt und dort mit einem Endast die Arteria meningea ant. der Dura versorgen und mit einem weiteren Ast durch ein Loch der Lamina cribiformis zur Nasenhöhle gelangen, dort mit der Arteria nasalis post. Verbindungen besitzen und mit Zweigen in die mittleren und vorderen Siebbeinzellen und in die Stirnhöhlen eindringen.

Auch von der Arteria supraorbitalis, die von der Arteria ophthalmica gespeist wird, erhält das Stirnhöhlenareal Äste.

So wird das Stirnhöhlenareal allseitig von arteriellen Gefäßen versorgt, die sowohl aus intracraniellen Gefäßsystemen als auch von Arterien des Gesichtes herkommen.

Der venöse Abfluß des weitverzweigten Kapillarnetzes des Stirnhöhlengebietes erfolgt einerseits auf dem gleichen Weg, anderseits über die Knochenvenen durch eine Vielzahl von kleinen Gefäßforamina, die am Sklettschädel über den Stirnhöhlen sichtbar sind (Süsse), in die Weichteile vor dem Stirnhöhlenareal, weiterhin in das äußere Periost der vorderen Stirnhöhlenwand bzw. in die Dura mater, die der hinteren Stirnhöhlenwand aufliegt. (Zucker кандl)

Wichtig sind auch die venösen Gefäßverbindungen der Stirnhöhlenschleimhaut zu dem Diploevenensystem, welche über kleine Emissarien miteinander kommunizieren und auf diesem Wege auch Anschluß an die Sinus der Dura gewinnen.

Lymphwege des Stirnhöhlenareals sind wegen der schwierigen Injektionsbedingungen in diesem Gebiet kaum bekannt.

Die Nervenversorgung ist an den Trigeminus I angeschlossen, dessen Ast, der Nervus ethmoideus ant. den Ramus nasalis int. zum Teil in die Stirnhöhenschleimhaut abgibt.

3.0 Topographische Verhältnisse im Stirnhöhlenbereich.

3.1 Verbindungen zu anderen Nasennebenhöhlen.

Das gesamte Hohlraumssystem des Gesichtsschädels muß anatomisch und pathologisch als Einheit angesehen werden. Durch die teilweise papierdünnen Zwischenwände der Nasennebenhöhlen, kommt es bei Schädigung durch Entzündung oder Trauma leicht zu perossalen Verbindungen der einzelnen Hohlräume, deren enge Kontakte der Wandungen besonders bei ausgeprägter Zellenbildung kurz aufgezählt seien: zwischen Stirnhöhlen und vorderen Siebbeinzellen, zwischen hinteren Siebbeinzellen und Keilbeinhöhle, zwischen Keilbeinhöhle und Kieferhöhle.

Manchmal können die Kieferhöhlen durch einen offenen Gang mit den vorderen Siebbeinzellen verbunden sein; als eine seltene Verbindung gibt Wagemann den Canalis fronto-ethmoido-maxillaris an, der die Stirnhöhle in diese Verbindung mit einbezieht und der aus ersterem, dem Ductus ethmoido-maxillaris nach Vilar Fiol, entstehen kann.

3.2 Verbindungen zur Nasenhöhle.

Die Sinus frontales öffnen sich in den mittleren Nasengang auf zweierlei Arten. Bei der häufigeren Form liegt die Öffnung im obersten Teil des Infundibulum ethmoideum, von wo aus ein schräg nach vorn oben verlaufender Canalis nasofrontalis in die Stirnhöhle führt. In anderen Fällen endet der Hiatus semilunaris nach oben blind oder in einen kleinen oder größeren Sinus ethmoideus. Dieser kann sich bis unter die Stirnhöhle erstrecken und ihre untere Wand vorwölben, was zur Bildung der Bulla frontalis führt, die aber nicht in offener Verbindung zu der Stirnhöhle steht. In einem solchen Falle besteht der Zugang zur Stirnhöhle in einem Gang, der vom Hiatus semilunaris im mittleren Nasengang beginnt. Ein solcher Zugang zur Stirnhöhle macht die Sondierung besonders schwer und kann bei engem Nasengang eine Resektion des vorderen Teiles der mittleren Nasenmuschel erfordern. (Hafferl)

Der Ductus nasofrontalis hat einen für den Abfluß von Sekret aus den Stirnhöhlen günstigen Verlauf und ist um so enger und länger, je größer die vorderen Siebbeinzellen sind. (Töndury)

3.3 Beziehungen zu benachbarten Geweben, Schädelkapsel und Gehirn.

Die hintere Stirnhöhlenwand steht mit den Hirnhäuten der vorderen Schädelgrube in direktem Kontakt. Sie begrenzt die vorderen Hirnteile auf weitem Feld und kann sich je nach Größe vor dem Gyrus frontalis sup., medialis und inferior ausbreiten. (s. Abb. 3)

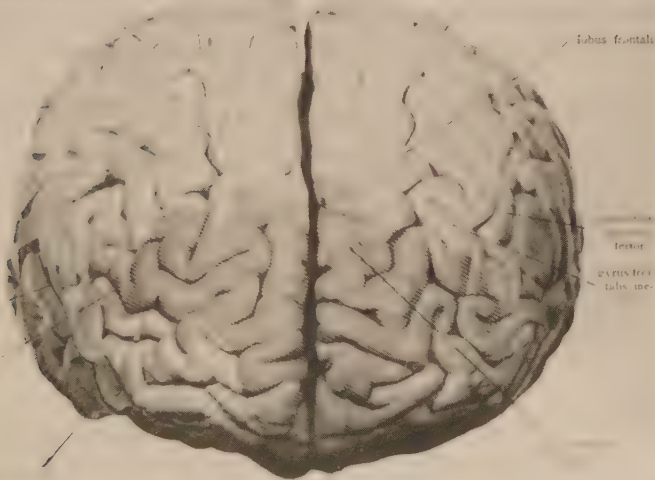


Abb. 3 Das projizierte Röntgenbild einer großen Stirnhöhle ist schraffiert auf dem Frontalhirn angegeben. Die linke Stirnhöhle erstreckt sich vor dem Gyrus frontalis sup. und medius, die rechte vor dem Gyrus frontalis sup., medius und inferior. (Aus Onodi, A. loc. cit.)

Wie Onodi zeigte, der 82 Fälle von Hirnabzessen als Komplikationen von Stirnhöhlenempyemen erfaßte, ist das für die Ausbreitung von Infekten von besonderer Bedeutung. Von klinischem Interesse kann auch die häufig zu beobachtende Ausdehnung der Stirnhöhlen in das Orbitadach hinein sein.

Von praktischer Bedeutung ist in dieser Beziehung auch der venöse Blutabfluß, der wie oben bereits ausgeführt, zum Teil in die Diploevenen und über diese in die Venen der Dura mater, in die Gefäße des äußeren Periostes und der angrenzenden Weichteile und auch in die kontralaterale Stirnhöhlenschleimhaut gelangt. (Zuckerkandl)

Fälle von Thrombophlebitis der Hirnblutleiter als Komplikationen von Stirnhöhlenerkrankungen sind bekannt, (Onodi) ebenso, daß eine Sinusitis über die Diploevenen fortgeleitet werden, und zur Stirnbeinosteomyelitis führen kann.

4.0 Darstellung der mikroskopischen Anatomie der Stirnhöhlenschleimhaut und des angrenzenden Knochens.

4.1 Bau der Schleimhaut.

Der histologische Aufbau der Stirnhöhlenschleimhaut ist aus der Entwicklung durch Ausstülpung der Nasenschleimhaut zu verstehen, welche sich unter Dicken-Abnahme in die Auskleidung der Nasennebenhöhlen fortsetzt.

Man zählt sie zu dem Typ des respiratorischen Epithels, welcher aus einem mehrreihigen Flimmerepithel und zahlreichen Becherzellen besteht. Das Epithel ist nur etwa 3 Kernreihen hoch und wird zum Höhlenlumen hin durch eine Kutikularmembran abgedichtet, durch welche die Flimmerhärchen hindurchragen. Jede Flimmerzelle besitzt etwa 8-25 Kinozilien, die aus einem Zentralfaden und einem darum herumliegenden Plasmamantel bestehen und gewöhnlich 6-10 μ lang sind.

4.2 Sekretorische Funktion und Ernährung der Schleimhaut.

Zwischen den Flimmerzellen liegen Becherzellen, die einen endoepithelialen Drüsenapparat bilden und rhythmisch von einem Anfüllungsstadium über eine sekretorische Phase in den Entleerungszustand übergehen. Sie sondern wie in der Nase ein dünnflüssiges Sekret ab, das durch den Ductus nasofrontalis in die Nasenhöhle gelangt. Die Steuerung der Sekretion unterliegt dem autonomen Nervensystem. Tubuloalveoläre Drüsen sind im Bereich der Nasennebenhöhlen selten. Die Ernährung des Epithels erfolgt durch Austausch mit der Interzellularflüssigkeit, die sich in den relativ großen Interzellularspalten befindet. (Wagemann)

4.3. Aufbau der subepithelialen Schicht und des angrenzenden Knochens.

Das Epithel selbst scheint zur Regeneration nicht fähig zu sein. Bislang konnten weder in Flimmer- noch in Becherzellen Mitosen festgestellt werden. Die Regeneration erfolgt auf bestimmte Reize hin durch die darunterliegenden Basalzellen.

Die subepitheliale Bindegewebsschicht geht unmittelbar in das Periost der knöchernen Höhlenwand über, weshalb sie von Pernkopf Mucoperiost genannt wird.

Venengeflechte, wie sie in großem Ausmaß in der Nasenschleimhaut zu finden sind, fehlen. (Bargmann) Wulstige Verdickungen der Schleimhaut sind das Ergebnis von Entzündungen.

Die die Stirnhöhle begrenzenden Knochen zeigen typische Abbauerscheinungen. Vor allem an jugendlichen Präparaten kann man eng aneinander liegende Howship'sche Lakunen mit Osteoklasten feststellen, die in älteren Präparaten immer geringer werden. (Sitsen)

5.0 Ausgestaltung der Stirnhöhlenhohlräume.

5.1.Überblick über die Entwicklung.

Die Anlagen der Stirnhöhlen sind histologisch frühestens im 4. bis 5. Fötalmonat als Ausstülpungen der Nasenschleimhaut nachweisbar. (Tanew) Sie weiten sich, ohne ihre Form zu verändern, bis zur Geburt langsam aus, sodaß beim Neugeborenen eine frontale Nasenbucht makroskopisch sichtbar wird, die etwa im 2. Lebensjahr das Os frontale erreicht. Im 6. Lebensjahr läßt sich etwa eine erbsengroße Höhle nachweisen, die von da ab bis zu 10. Lebensjahr zunächst langsam, dann aber rasch an Größe zunimmt. Ihre volle Ausbildung erreichen die Stirnhöhlen erst mit dem 20. Lebensjahr und später. (Wagemann)

5.2. Verfolgung der Stirnhöhlenentwicklung im Röntgenbild.

Im Röntgenbild läßt sich die Stirnhöhle erst von einem verhältnismäßig späten Zeitpunkt an, der von den verschiedenen Autoren sehr unterschiedlich angegeben wird, darstellen.

Findet Onodi die früheste Entwicklung der Stirnhöhle röntgenologisch an einem 15 Monate alten Schädel, so handelt es sich dabei sicher um eine Ausnahme. Haike ebenfalls, der an Schädelaufnahmen Zweijähriger schon Stirnhöhlen findet, hält dennoch den Nachweis von Sinus frontales vor dem 5. Lebensjahr für ungewöhnlich. Auch Richter, H. ist dieser Ansicht. Übereinstimmend sind Angaben von Coakly, Koch, Lutterberg, Nylen und Richter, S., die Stirnhöhlen von 3 1/2 Jahren an röntgenologisch nachweisen.

Wagemann stellt folgende Untersuchungsergebnisse zusammen:

Alter (Jahre)	röntgenol. erkennbare Stirnhöhlen
0 - 4	0 %
4 - 7	33 %
7 - 9	68 %
ab 9	Rest

Bei der Hälfte der untersuchten Fälle sind nach Haike, Richter, S., Lutterberg und Voelckel die Stirnhöhlen etwa vom 4. bis 6. Lebensjahr im Röntgenbild sichtbar.

Eine Stirnbeinpneumatisation bei allen untersuchten Fällen beobachtet Richter, S. bereits im 8. Lebensjahr, Haike zwischen dem 13. und 16. und Voelckel im 14. Lebensjahr.

Das Ende der Stirnhöhlenentwicklung wird von verschiedenen Untersuchern im 15. bis 17. Lebensjahr gefunden (Haike, Richter, Honda) von anderen, so Kommandantoff, Peter, Zarniko, Lutterberg im 20. Lebensjahr.

Stern, L. findet bei seinen Untersuchungen, daß durchaus noch nach dem 20. Lebensjahr Veränderungen der Stirnhöhlengröße erfolgen können.

Die vorliegenden Befunde zur Größenentwicklung der Stirnhöhlen weisen zahlreiche Widersprüche auf.

Im allgemeinen dürfte ihre Ausbildung etwa mit dem 20. Lebensjahr, mit dem Ende des Wachstums, abgeschlossen sein, aber auch später kann offenbar eine weitere Größenänderung der Stirnhöhlen stattfinden (Stern, L.), vielleicht in Folge von alterssynchrone Veränderungen an den Schädelknochen oder der Schädelstatik.

5.3 Morphologisch-histologische Vorgänge bei der Ausgestaltung der Stirnhöhlenhöhlräume.

Ein kurzer Überblick über die morphologisch-histologischen Vorgänge bei der Pneumatisation soll die Höhlenbildung erläutern. Oltersdorf verfolgte den Entwicklungsablauf an Hand einer Serie von Schnitten durch die Nase verschieden alter Foeten bis zur Geburt.

Er beobachtete dabei hauptsächlich die Kieferknochen- und Keilbeinpneumatisation, doch gelten diese Befunde im Prinzip auch für die Ausbildung der Stirnhöhlen, die dieselben Gewebsverhältnisse aufweisen.

Er fand den Beginn der Pneumatisation im 2. bis 3. Fötalmonat durch Schwund des Knorpels, der mit einer Einsenkung der embryonalen Nasenschleimhaut einhergeht. Der Knorpelschwund erfolgt durch regressive Veränderungen, wobei sich die Grundsubstanz unter dem Perichondrium förmlich verflüssigt. Die Knorpelzellen werden dabei pyknotisch und gehen zugrunde. Gleichzeitig sprossen Kapillaren aus dem Perichondrium in den verfallenen Knorpelbezirk und Bindegewebszellen treten auf, die, durch Mesenchymzellen, die aus dem benachbarten Perichondrium einsprossen, unterstützt, wahrscheinlich den gelösten Knorpel wegräumen. Die Auflösung der Knorpelgrundsubstanz erfolgt vermutlich fermentativ, wobei die Kapillaren aktiv beteiligt sind. Danach oder gleichzeitig wächst die Schleimhaut, die an der Knorpelauflösung also nicht beteiligt ist, ein. Es bildet sich ein schleimhautausgekleideter Hohlraum.

Das Einsenken der Schleimhaut der Nasenhöhle im Bereich des Os nasale wird von Wagemann wie folgt beschrieben: Das zwischen Epithel und Knochen gelegene Gallertgewebe werde resorbiert, bis schließlich eine Schleimhautbucht entsteht, die dem Os dicht aufliegt. Sodann wird der Knochen allmählich resorbiert.

Nach Kainz zeigen histologische Untersuchungen am Stirnbein, daß der Ausbildung der Sinus frontales eine Blutstauung in den Gefäßen unter der Schleimhaut vorausgeht. Danach wölben sich die Gefäße lakunenartig in den Knochen vor und es kommt durch Druckatrophie zu einem Knochenabbau.

Den diesen Vorgang auslösenden Faktor sah er im Luftdruck innerhalb der Nasenhöhle, der gerade so groß sei, daß er den Abbau der Spongiosa, nicht aber der Corticalis bewirken könne.

Dies sei der Grund dafür, daß sich die Höhlen nur im Bereich der Spongiosaräume der Schädelknochen ausbilden.

Beschäftigen sich die Untersuchungen von Oltersdorf mit der Embryonalentwicklung, so beziehen sich die Angaben von Wagemann und Kainz wohl auf die postfetale Pneumatisation. Es sei festgestellt, daß letztere die Möglichkeit einer Formänderung der pneumatisierten Räume der Schädelkapsel auch nach Abschluß der normalen Entwicklung offen lassen.

6.0 Ursächliche Faktoren für die Stirnbeinpneumatisation.

Die Diskussion über die Ursache der Ausbildung der Hohlräume in den Schädelknochen, insbesondere im Stirnbein ist noch nicht abgeschlossen. Erst von der Lösung dieser Frage wäre Aufschluß über die Gründe der häufigen Größen- und Formvariabilitäten gerade der Sinus frontales zu erwarten.

6.1 Einfluß des Luftdruckes.

Sitsen und Frers sahen die Ursache der Stirnhöhlenbildung in den Luftdruckverhältnissen im Nasencavum. Sie stellten fest, daß der Kieferhöhlendruck bei angestrenzter Atmung zwischen 60 und 320 mm Wasser schwankt. Damit erklären sie auch die Tendenz der Stirnbeinhohlräume, sich hauptsächlich nach oben und lateral hin auszudehnen, da in diese Richtung der Druck senkrecht, während er in Bezug auf die Vorder- und Hinterwand nur tangential wirke. Dementsprechend fanden sie an Präparaten den frontooccipitalen Durchmesser weitgehend gleich groß.

Legt man zu Grunde, daß Sitsen eine Druckwirkung durch strömungsmechanische Vorgänge meint, so widerspricht dieser Theorie die teilweise sehr große Ausdehnung der Stirnhöhlen auf dem Orbitadach, die auch schon Onodi beschrieb. Außerdem weist Uffenorde darauf hin, daß auch bei Choanalatresie gut ausgebildete Stirnhöhlen gefunden werden. Auch Septumsdeviationen, die die Durchströmungsverhältnisse der Nasenhöhle erheblich beeinflussen können, verändern die Stirnbeinpneumatisation nicht. (Richter)

6.2 Funktion der Schleimhaut.

Dem gegenüber steht eine weitere Theorie, welche in Analogie zur Lehre Wittmaacks für die Pneumatisation des Warzenfortsatzes die Ursache der Hohlraumbildung auf die der Nasenschleimhaut innewohnende Fähigkeit zu Wachstum und Pneumatisation bezieht. (Haas) Im Zusammenhang damit wird die große Stirnhöhle als Normalform, Hypo- und Aplasie als Folge eines vorausgegangenen Krankheitsprozesses der Schleimhaut, wodurch diese ihre pneumatisierende Fähigkeit verloren habe, angesehen.

Die so häufigen Variationen in Größe und Form der Stirnhöhlen finden damit eine Erklärung durch eine individuell vorhandene normale oder mehr oder minder geschädigte Schleimhaut.

Von anderen Autoren wurde ebenfalls versucht, Schleimhautfaktoren für den Pneumatisationsgrad verantwortlich zu machen. (Runge, Shea) Während der Entwicklung soll die Schleimhaut stark von entzündlichen Reizen beeinflusst werden können. Leichtgradige Entzündungen sollen eine Hyperplasie, hochgradige eine Fibrose bewirken. Durch die Hyperplasie soll eine Verzögerung, durch die Fibrose ein Stillstand der Pneumatisation hervorgerufen werden.

Auf erbbiologische Untersuchungen an Familienmitgliedern und Zwillingen stützen sich die Angaben von Albrecht, Schwarz und Leicher. Diese Autoren machen konstitutionelle Faktoren für die Pneumatisationsgrößen der Nasennebenhöhlen verantwortlich.

Danach ist die anlagemäßig normoplastische Schleimhaut Voraussetzung für eine normale Pneumatisation, Hyperplasie und Hypoplasie beeinträchtigen die Entfaltung der Hohlräume im Gesichtsschädel und sind außerdem anlagemäßige Dispositionen für Infekte. Die erwähnten Autoren sahen in der Nasenschleimhaut einen ursächlichen Faktor für die Gesichtsschädelpneumatisation. Sie schrieben ihr eine raumformende Fähigkeit zu.

6.3. Bedeutung statisch-mechanischer Faktoren über den Knochen.

Eckart-Möbius sieht dagegen in der Pneumatisation ein mehr schädelarchitektonisches Problem.

Voraussetzung für die Pneumatisation sei eine Spongiosierung des Knochens. Diese trete in Folge statischer Entlastung auf. Der spongiosierte Knochen werde resorbiert und die Schleimhautauskleidung folge passiv dem freiwerdenden Raum. Er stützt seine Angaben auf Untersuchungen an den pneumatisierten Knochen der Vögel.

Eine ähnliche Auffassung vertritt Weidenreich. Die menschliche Stirnhöhle breitet sich demnach zwischen einem "Caninuspfeiler", der lateral von der Apertura piriformis verläuft und einem "Molarenpfeiler", der am lateralen Orbitarand nach oben zieht, aus.

Beide Pfeiler gehören einem Stützsystem an, das den Kau-
druck von der Zahnplatte des Oberkiefers auf den Schädel verteilt.

Die Bedeutung des Knochens bei der Pneumatisation wird durch Untersuchungen von Püschel und Schloßhauer bestätigt, die bei Menschen von durchschnittlich 168 cm Größe häufig keine oder nur kleine Stirnhöhlen fanden, während bei durchschnittlich 175 cm großen Individuen große Stirnhöhlen gefunden wurden. Auch bei Akromegalen sahen sie hyperplastische Stirnhöhlen. Davon leiten sie ab, daß das Somatotropin, welches in erster Linie für das Knochenwachstum verantwortlich ist, zugleich auch die Größe der Stirnhöhlenpneumatisation beeinflußt.

Bezüglich der kausalen Faktoren der Stirnhöhlenausbildung stehen sich somit zwei Meinungen gegenüber, wovon die eine den Hauptakzent auf die Bedeutung der Schleimhaut, die andere auf die des Knochens setzt.

Oltersdorf gibt gewichtige Gründe dafür an, daß beide Theorien nicht durch ein Entweder—oder, sondern durch ein Sowohl—als—auch miteinander in Beziehung stehen.

6.4 Einfluß der allgemeinen Druck- und Hydrodynamik.

Zahlreiche von verschiedenen Patienten stammende Röntgenbefunde sowie am Leichenschädel durchgeführte angiographische Untersuchungen lenkten die Aufmerksamkeit auf die bislang kaum in Erwägung gezogenen Gesichtspunkte der speziellen Druck- und Durchblutungsverhältnisse im Areal der Stirnhöhle. (Süsse)

Diese Besonderheiten erklären sich daraus, daß die Stirnhöhlen im Grenzbereich zwischen Hirn- und Gesichtsschädel liegen, und ihr Gefäßnetz somit sowohl an die Gefäßprovinzen der Carotis int. als auch der Carotis ext. angeschlossen ist und vielfache Abflußwege über die Diploevenen, die Hirnblutleiter und die Venen der umliegenden Weichteile besitzt.

Dadurch kann die allgemeine Druck- und Hydrodynamik des Gesamtschädels einen wechselnden Einfluß auch auf die Durchblutung des Stirnhöhlenareales ausüben. Z.B. bewirkt der endokranielle Druck auf die duralen, für die Durchblutung des Stirnbeines wichtigen Gefäße eine individuell gestaltete Durchblutung des Stirnhöhlenareales, die ihrerseits wieder eine individuelle Architektur der Stirnhöhle bedingt.

Zur Ausbildung einer normalen Stirnbeinpneumatisation ist eine bestimmte Größe der Durchblutung erforderlich. Kommt es zu einer relativen Verschiebung der Druckdynamik im Gesichtsschädel (Hämangiom) oder im frontalen Hirnschädel (Hemiatrophia cerebri), so resultiert daraus eine Veränderung der Sinusgröße, die wahrscheinlich auf trophischen Einflüssen auf den Knochen beruht.

Betrachtet man die resultierende Stirnhöhlenhypo- und Aplasie nach durchgemachter Ozaena (Haike), so wird die Bedeutung der Schleimhaut für die Pneumatisation deutlich. Die von v. Gilse beschriebene Hemmung der Stirnbeinpneumatisation bei Dysostosis cleidocranialis spricht für einen Knocheneinfluß. Es spielen zwar anlagebedingte Gewebeeigenschaften und vom Gesamtkörper herkommende biochemische und hormonale Einflüsse eine große Rolle, aber es dürfte die Druck- und Hydrodynamik des Gesamtschädels die wesentlichste Bedeutung dabei haben.

Neuere Forschungen zeigen, daß das Gefäßnetz, insbesondere die Kapillarnetze der Diploevenen, gewissermaßen die Matritze für die Knochenentwicklung und für den Knochenumbau darstellen.

Zu Beginn der Ossifikation legt sich knöcherner Substanz in die gefäßfreien Spalten der Knochenmatrix ein. Die Struktur der Knochenanlage steht damit in direkter Abhängigkeit zur Form der Diploevenenbäume. Die Diploevenen stellen aber direkte Verbindungen zwischen dem intra- und extrakraniellen Kreislauf dar. (Dziallas)

Die Betrachtungsweise fügt sich völlig in die Annahme eines bestehenden Zusammenhanges zwischen der Druck- und Hydrodynamik des Gesamtschädels und der Stirnbeinpneumatisation ein.

Andere Autoren weisen ebenfalls darauf hin, daß das Diploevenenbild erheblich durch Krankheitsprozesse, die mit einer intrakraniellen Druckveränderung einhergehen, verändert wird. (Schüller, Stoppani, Nishikawa)

Auch die Funktionsfähigkeit der Schleimhaut ist von Durchblutungsfaktoren abhängig. Es scheint, daß Knochen und Schleimhaut als sekundäre, ursächliche Faktoren bei der Stirnbeinpneumatisation anzusehen sind, deren Funktion durch die druckdynamischen Verhältnisse des Gesamtschädels gesteuert werden. Eine primäre Schädigung von Knochen und Schleimhaut macht sie allerdings gegen diesen steuernden Faktor unempfindlich, eine normale, d.h. übliche Pneumatisationsgröße ist also nur zu erwarten, wenn die Durchblutungsverhältnisse im Stirnhöhlenareal und in den benachbarten Weichteilen dementsprechend, und gleichzeitig Schleimhaut und Knochen "gesund" sind.

7.0 Die "physiologischen Funktionen" der Stirnhöhle.

Die Deutung der physiologischen Funktion der Stirnhöhlen stößt auf erhebliche Schwierigkeit, einmal weil bislang ein merkbarer Funktionsausfall bei Stirnhöhlenaplasie nicht beobachtet werden konnte, zum anderen, weil die gesamten Nasennebenhöhlen, abgesehen von einem mehr oder minder großen Zugangskanal, isoliert liegen und so der Nachweis einer funktionellen Zugehörigkeit zu den oberen Atemwegen nur schwer gelingt.

7.1 Mitwirkung bei der Steuerung der Atmung.

Dennoch spricht schon die Kartagener Trias, bei der kleine Stirnhöhlen und Bronchiektasien gemeinsame Merkmale einer Krankheit sind, für eine Zugehörigkeit der Stirnhöhlen zum Atemsystem. Auch ihre Auskleidung mit respiratorischem Epithel deutet in diese Richtung. Eine Veränderung der Atembewegungen, die mit dem wechselnden Druck in den Nasennebenhöhlen gekoppelt sei, beschreibt Kerekes. Es zeigte sich jedoch, daß bei Hunden eine Druckveränderung in den Nasennebenhöhlen während der Atmung nicht auftritt, also eine Atemsteuerung durch einen Nasennebenhöhlenreflex nicht gefunden werden konnte. (Descö)

Allerdings lassen sich am Hund erhobene Befunde nicht ohne weiteres auf die Verhältnisse beim Menschen übertragen.

7.2 Bedeutung als Resonanzraum bei der Phonation.

Bei einer Stirnwulstabtragung aus kosmetischen Gründen trat bei präparatorischer Freilegung des Periostes der Stirnhöhle bei jedem Atemzug eine Vorwölbung auf. (Halle)

Der Autor gibt an, daß beim Sprechen mit der auf das freigelegte Periost aufgelegten Hand eine Art Stimmfremitus wahrgenommen wurde. Außerdem resultierte bei Eindrücken der Knochenhaut, also bei Stirnhöhlenverkleinerung eine höhere Stimmlage, umgekehrt eine tiefere.

Ein erweiterter Ductus nasofrontalis wurde bei dem operierten Patienten nicht gefunden.

Die Beobachtung spricht für eine Bedeutung der Stirnhöhlen als Resonanzraum bei der Sprache, wie dies auch bei anderen Autoren schon angedeutet wurde. (Benninghoff, Rauber-Kopsch, Pernkopf)

7.3 Thermoregulatorische Funktionen.

Die atemsynchronen Pulsationen lassen zumindest auf einen geringgradigen Luftaustausch mit jedem Atemzug schließen.

Eckert-Möbius stellte fest, daß der Luftaustausch etwa 50 % des gesamten Nasennebenhöhleninhaltes ausmacht und schloß daraus, daß die Nasennebenhöhlen die Erwärmungs- und Befeuchtungsfunktion der Nasenhöhle für die Atemluft unterstütze.

Für diese Auffassung wird auch angeführt, daß der Eisbär, der hauptsächlich in Eis- Wasser- Grenzgebieten mit ziemlich konstanter Lufttemperatur lebt, nur sehr winzige, der Braune Bär, der seinen Standort zwischen geographisch kalten Zonen und warmen Gebieten wechselt, große Nebenhöhlen besitzt, wodurch eine gleichmäßige Temperierung der Atemluft eher gewährleistet ist. (Maurer)

Es bleibt allerdings zu fragen, ob der menschliche Organismus wegen des Gewinns von ca. 30 cm^3 vorgewärmter Atemluft ein so kompliziertes Höhlensystem entwickelt, das zudem mit Verbindungen zur Nasenhöhle ausgestattet ist, die diese Aufgabe nicht eben erleichtern. Schließlich ist ja mit der Einbeziehung der Nasennebenhöhlen in den Atemvorgang auch eine Totraumvergrößerung verbunden, da ja die Nasennebenhöhlen nur während der Expiration, während der der Druck im Nasencavum erhöht wird, gefüllt werden können.

Sicher haben die Stirnhöhlen eine Art " Doppelfensterwirkung " für die vorderen Hirnteile, durch die Temperatureinflüsse gedämpft, und bei Traumen eine Polsterkissenfunktion bewirkt werden. (Eckert-Möbius)

Da aber die Stirnbeinpneumatisation auch funktionsmäßig in das System der gesamten Gesichtsschädelpneumatisation einzugliedern ist, würde diese Erklärung schon für die Funktion der Kieferhöhlen nicht ausreichen. Es handelt sich also dabei wahrscheinlich eher um mehr oder weniger zufällige Effekte, die auf die Frage der physiologischen Funktion kein Licht werfen.

7.4 Deutung der Pneumatisation als Ausdruck statisch-mechanischer Erfordernisse der Schädelarchitektur.

Zum Aufbau des Schädels sind sehr unterschiedliche Bauelemente, wie Hirnkapsel, Augentrichter, Nasentunnel und Zahnplatte zu einer Einheit zusammengefügt. Die Verbindung von Zahnplatte mit der Hirnkapsel als Kaudruckwiderlager erfordert ein System von Stützpfeilern, die wegen der Hohlräume, Augentrichter und Nasenhöhle, zum Teil als Umgehungs-konstruktionen ausgeführt werden müssen. So entstehen im Bereich der knöchernen Schädelkapsel Zonen, die sowohl Schutzfunktionen für das Hirn, als auch Stützfunktionen besitzen, und solche, die lediglich dem Schutz des Hirns dienen. Sie können mit geringerem Materialaufwand gestaltet werden: es bilden sich Hohlräume, die der Körper mit dem jeweils zur Verfügung stehenden Vacatmaterial, z.B. gelbes Knochenmark, Fett, ausfüllt. Im Bereich des Schädels bietet sich Luft dafür an.

Die Epitheleinstülpung in diese Hohlräume sei dann ein durch den Luftdruck unterstützter passiver Vorgang, die Nasennebenhöhlen keine aktiven, sondern passive Bildungen. (Weidenreich)

Die Höhlenbildungen sind demnach Anpassungsvorgänge des Körpers an statische Erfordernisse. Eine Füllung der Hohlräume mit Knochen hätte einmal eine Gewichtsvergrößerung

(nach Braune und Clasen allerdings nur 1 % des Gesamtschädelgewichtes) zur Folge, zum anderen ist es Bauprinzip des Körpers, Knochenmasse nur da zu verwenden, wo sie statischen und mechanischen Erfordernissen gerecht wird.

Die beschriebenen Deutungen geben bislang keine befriedigende, allen Tatsachen gerecht werdende Erklärung zur physiologischen Funktion der Stirnbeinhohlräume.

8.0 Die Stirnhöhle im Röntgenbild.

Die Diaphanoskopie ist ein in der Praxis vielgeübtes Verfahren, doch sind wegen der unterschiedlichen Weichteilausbildung und der wechselnden Stirnbeindicke naturgemäß Feinheiten nicht zu erkennen. Deshalb bedient man sich hauptsächlich der Röntgenologie, um ein genaues Bild von Form, Größe und Lage der Stirnhöhlen zu erhalten.

Es ist jedoch trotz vielfacher Untersuchungen nicht möglich, ein "Normalbild" der Sinus frontales zu beschreiben.

8.1 Beschreibung nicht krankhafter Variationen der Form und Größe.

Schon die gesunden Stirnhöhlen zeigen von allen Nebenhöhlen die größten Variationen an Größe und Ausdehnung und sind nur relativ selten symmetrisch entwickelt. (Wagemann, Lepneff, Moczkowa)

Wie oben bereits beschrieben (Abschnitt Anatomie), können besonders große Stirnhöhlen bis in die Stinnhöcker hineinragen. Nach hinten werden Ausdehnungen bis an das Foramen opticum hinreichend, nach lateral bis 21 mm in die Schläfen-grube hineinragend beschrieben. (Onodi)

Sehr kleine oder scheinbar fehlende Stirnhöhlen sind relativ häufig. Sie finden sich dann medial vom Supraorbitalbogen, ragen also nur wenig in das Os frontale hinein und sind oft nicht einmal 3 mm hoch und 3 mm breit.

Wenn sich die eine Stirnhöhle räumlich in den präsumptiven Bezirk der gegenseitigen Stirnhöhle hinein ausdehnt, kann eine einseitige Aplasie leicht übersehen werden. Das Fehlen einer knöchernen Scheidewand klärt aber den Irrtum im allgemeinen rasch auf (Grashey-Birkner). Häufig ist mit der Hypo- und Aplasie der einen Stirnhöhle eine starke Asymmetrie verbunden. Indem die Höhle der einen Seite den hypoplastischen Sinus der anderen Seite überlagert, erfolgt mitunter eine Verbiegung des Septum interfontalium, das in solchen Fällen

im Röntgenbild horizontal stehen kann. (Onodi)

Auch die verschiedenen Rassen und Völker bieten ein unterschiedliches Bild der Sinus frontales, was man allein schon durch Beobachtung der Aplasien erkennt.

Troitzky findet unter 22 Burjätenschädeln nur 3 mal eine Stirnhöhle ausgebildet, nach Logan und Turner fehlen bei Australiern und Maoris Stirnhöhlen bei 30 % - 37 % der Untersuchten, während die Angaben für Europäer zwischen 0 % und 20 % schwanken.

8.2 Einfluß pathologischer Vorgänge im Schädelbereich auf die Pneumatisation.

Im Schrifttum finden sich viele Hinweise, nach denen bestimmte Erkrankungen die Pneumatisation der Schädelknochen beeinflussen.

Dabei gewinnt die Stirnbeinpneumatisation besondere Bedeutung, da die Stirnhöhlen zuletzt von allen Nasennebenhöhlen ausgebildet werden, sie also am längsten der Beeinflussbarkeit unterliegen.

8.21 Auswirkungen von Schleimhautschäden.

Hals-, Nasen- und Ohrenerkrankungen sollen die Stirnbeinpneumatisation in mehr als der Hälfte der Fälle beeinflussen. Von einem Kollektiv HNO-Kranker wurden nur 35 % der Stirnbeine "normal pneumatisiert", bei 53 % sind die Stirnhöhlen deutlich verkleinert. (Beck, J.) Vermutlich ist eine anlagebedingte Schwäche oder eine irreversibel geschädigte Schleimhaut die Ursache der Pneumatisationshemmungen. Besonders nach chronischer Otitis wird häufig eine Unterentwicklung der Sinus frontales gefunden. Von 22 Kindern von 8 Jahren, an denen Vyslonzil kleine Stirnhöhlen fand, hatten 18 zwischen dem 5. und 7. Lebensjahr eine chronische Otitis durchgemacht. Nach Fowler wurden an 100 ohrkranken Kindern 86 mal Nebenhöhlenaffektionen beobachtet.

Vyslonzil führt die Pneumatisationshemmungen der Nasennebenhöhlen bei Mittelohrentzündung auf eine Beteiligung der Schleimhaut im Nasenbereich zurück, wodurch diese eine fibröse Umwandlung durchmacht und ihre "Pneumatisationsfähigkeit" verliert.

Hörnermann zieht praktische Konsequenzen aus diesen Beobachtungen und empfiehlt, bei chronischen Otitiden die Nasennebenhöhlen in die Therapie mit einzubeziehen.

Bei Ozaena wurden ebenfalls verkleinerte Stirnhöhlen im Röntgenbild gefunden und zwar zeigte sich bei einseitiger Ozaena nur eine Hemmung der Pneumatisation des Stirnbeines der gleichen Seite. (Haike) Der Autor lehnt jedoch einen Kausalzusammenhang ab und führt vielmehr beides auf eine gemeinsame Ursache zurück.

Koch findet solche Störungen bei chronischen Nasenschleimhautkatarrhen und erklärt auch Haikes Befunde mit irreversiblen Schädigungen der Nasenschleimhaut, deren Abkömmling auch die Stirnhöhhlenschleimhaut ist.

Bei den angegebenen Fällen werden teils primäre, teils sekundäre Schleimhautschäden für eine Pneumatisationshemmung verantwortlich gemacht.

8.22 Auswirkungen der Knochenschäden.

Andere Autoren weisen bei Erkrankungen der Knochen ebenfalls Störungen der normalen Pneumatisation nach.

Bei Dysostosis cleidocranialis sowie bei Rachitis wird häufig eine Verkleinerung der Stirn- und Keilbeinhöhlen gefunden. (v. Gilse)

Barth, H. beschreibt den Fall eines Knochenprozesses unbekannter Ätiologie am rechten Oberkiefer, der mit einer erheblichen Verkleinerung nicht nur der rechten Kieferhöhle, sondern zugleich auch der Siebbeinzellen und der Stirnhöhle auf der rechten Seite einherging.

Bei drei Fällen von Spätakromegalie, die durch Hormonanalyse gesichert waren, fanden Püschel und Schloßhauer extrem große Nasennebenhöhlen. Fünf andere Fälle ließen dagegen trotz vermehrter Somatotropinausschüttung keine auffälligen Vergrößerungen erkennen. Obige Autoren deuten dies mit entweder nur kurze Zeit bestehenden Störungen des Hormonhaushaltes oder mit bereits früher durchgemachten entzündlichen Veränderungen der Schleimhaut, welche die "Wachstumskraft" und Fähigkeit zur Pneumatisation herabgesetzt haben. Auch Shea nimmt an, daß durch verminderte Tätigkeit der Hormondrüsen Pneumatisationsstörungen auftreten. Auf dieselbe Ursache führt er die vermehrte Anfälligkeit dieser Patienten für Katarrhe der oberen Luftwege und eine Unterentwicklung des gesamten Knochensystems zurück.

So wurden hier offenbar sekundäre Knochenstörungen für eine Beeinträchtigung der Pneumatisation verantwortlich gemacht.

Während Eckel und Baisser darlegen, daß bei Gaumenspaltträgern gegenüber Gesunden die Kieferhöhlen beider Seiten unterschiedlich entwickelt sind, kann Schweckendiek einen solchen Zusammenhang anhand seiner Messungen nicht finden.

Oben wurden für eine normale Pneumatisation u.a. gesunde Schleimhaut- und Knochenverhältnisse vorausgesetzt. Eine Anzahl von Autoren macht deutlich, wie vielfältig die Einflüsse auf diese beiden Gewebe im Bereich des Schädels, in dem Pneumatisationen vorkommen, sein können.

8.23 Pneumatisationsbeeinflussung durch andere Erkrankungen.

Bei einer Reihe anderer Erkrankungen, die ebenfalls mit Stirnhöhlenveränderungen gekoppelt sind, gelingt es nicht so leicht einen ursächlichen Zusammenhang zwischen Krankheit und Pneumatisationsgeschehen zu sehen.

Es sei hier auf die Kartagener Trias hingewiesen, die mit kongenitalen Bronchiektasien, kleinen Stirnhöhlen und zu-

weilen einem Situs inversus einhergeht.

Torgensen findet für die oberen Luftwege einen gemeinsamen Genkomplex, sieht also darin eine hereditäre Ursache. Es ist bekannt, daß bei der Hand-Schüller'schen Krankheit sowohl Stirnhöhlen als auch Kieferhöhlen fehlen. Voelckel verweist auf Jansen, der bei einer Reihe an Supraorbitalneuralgie Erkrankten völlige Stirnhöhlenaplasie findet.

An äußerlich sichtbaren Veränderungen kann offenbar ein in der Nähe der Stirnhöhlen befindliches Hämangiom deren übergroße Entwicklung bedingen. So fand Süsse in 5 Fällen die benachbarten Stirnhöhlen übermäßig ausgebildet.

Es ist anzunehmen, daß hier eine Durchblutungsveränderung des Stirnhöhlenareals für die excessive Pneumatisation verantwortlich zu machen ist.

Auch die Beobachtung, daß bei Diploesklerose im rechten Stirnhöhlenareal die gleichseitige Stirnhöhle kleiner ausgebildet ist, als die der Gegenseite, spricht für eine durch Durchblutungsstörungen sekundäre Knochenveränderung, die die Stirnbeinpneumatisation beeinflusst.

Untersuchungen von Weickmann stellen die Bedeutung des Gehirns für die Konfiguration des knöchernen Schädels heraus.

Er berichtet über vikariierende Nebenhöhlenhyperplasie bei hypoplastischen Großhirnprozessen. Hier zitierte Autoren zu diesem Thema sind Cotard, Freud, Landau, Davidoff, Masson, Patten und Grant.

"Die vikariierende Nebenhöhlenhyperplasie ist so charakteristisch mit Hemiatrophia cerebri verbunden, daß allein die Schädelveränderungen ohne Hilfe der Enzephalographie erlauben, die Diagnose der cerebralen Hemiathropie zu stellen".

Typisch ist in diesen Fällen die ausgedehnte Pneumatisation des Orbitadaches, die nach Haas sowohl auf der Basis eines supraorbitalen Rezessus der Stirnhöhlen, als auch aufgrund einer stärkeren Ausdehnung der Siebbeinzellen entstehen kann.

Nach dem 10. Lebensjahr, also zur Zeit der stärksten Entwicklung der Stirnhöhlen, ist eine Asymmetrie der Sinus frontales mit starker Hyperplasie fast pathognomonisch für einen homolateralen hypoplastischen Hirnprozess. (Weickmann)

Damit gewinnt die Röntgenologie der Nasennebenhöhlen eine wichtige Bedeutung in der neurologischen Diagnostik.

Ein Zusammenhang zwischen Großhirnvolumen und Größe der Nasennebenhöhlen ist nur in einer durch das Hirn bedingten Veränderung der Druck- und Hydrodynamik zu sehen.

Auch die Beobachtung von stark vergrößerten Nasennebenhöhlen nach frühkindlichen Subduralblutungen weisen auf diesen Zusammenhang hin. (Decker und Hipp)

Die eben dargelegten Stirnhöhlenveränderungen bei Prozessen im Bereich der Weichteile und des Knochens im Stirnhöhlenareal und die Auswirkungen von Hirnprozessen lassen obige Angaben über die normale Ausdehnung der Sinus frontales, wie sie Onodi beschreibt, zweifelhaft erscheinen, denn es ist nicht angegeben, inwieweit die zur Untersuchung herangezogenen Röntgenbilder von tatsächlich neurologisch gesunden Personen stammten.

9.0 Darstellung der Untersuchungsergebnisse anderer Autoren über Größe und Form der Stirnhöhlen.

9.1 Aussagen über die Größe.

Eine Reihe von Autoren hat sich bereits mit der Größe der Stirnhöhlen beschäftigt, doch verfolgen die meisten von ihnen die Größenentwicklung im Kindes- und Jugendalter und gehen selten auf die voll ausgebildete Größe ein.

Die Angaben früherer Veröffentlichungen wurden zum Teil mittels der Diaphanoskopie am Lebenden, zum Teil durch Messung am geöffneten Leichenschädel und zum Teil schließlich im Röntgenbild ermittelt.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt. Um Größenangaben zu machen, wurden von 3 Untersuchern die Rauminhalte, sonst die größten Höhen und Breiten, in einzelnen Fällen auch die Tiefen gemessen. Gerade infolge der Verschiedenartigkeit der Umrissformen der Stirnhöhlen, die oft vorspringende, schmale Ausbuchtungen nach oben oder flache Raumausstülpungen nach der Seite zeigen, ist häufig ein Rückschluß auf die wirkliche Größe der Stirnhöhlenfläche an diesen Maßangaben nur schlecht zu gewinnen.

Außerdem wurde bei früheren Messungen der Sinus im Bereich zwischen Os nasale und mittlerem oberen Orbitabogen nach unten eine exakte Abgrenzung nicht angegeben, obwohl gerade hier infolge Überlagerung der Stirnhöhlenhöhlräume durch Siebbeinzellen schwer zu entscheiden ist, welcher Hohlraum eigentlich vorliegt.

Die vielfältigen Einflüsse, die Krankheiten der Schleimhäute, des Knochens des Gesichtsschädels und Hirnschädigungen auf das Pneumatisationsgeschehen ausüben, sind ebenfalls nicht berücksichtigt, zumindest fehlen meist die Angaben darüber, inwieweit gesunde oder kranke Personen zu den Untersuchungen herangezogen wurden. Vielfach wurden die Messungen an Aufnahmematerial aus HNO-Kliniken (so Stern, L.)

Tabelle 1: Übersicht über die Größenbestimmungen der Stirnhöhlen

Autor	Quelle	Größenangaben in cm						Volumen ccm	Bemerkung	
		Höhe		Breite		Tiefe				
		K	M	K	M	K	M	G		
Payer	Onodi								4	Schätzung
Braune u. Glaser	"								2,5	männlich
Brühl	"								2,8	weiblich
Alezais	"									rechts
			3,5		6,0					links
Marenetzky	"		3,5		4,5					
Kunitomo	"		2,1		2,4		2,4			
Boege	"		2,4		2,6		2,6			
Tavorolo	"		2,8		2,4		1,4	2,3		
Tilley	"		2,1	4,2	2,3	1,6				
Arnold	"		2,1		1,6					
			1,2		1,8					
Onodi	"				1,5					
Stern, I.	Stern, I.	0,6		3,2	2,0	1,5	3,5			
v. Mikalkowitz	Sitsen	0,4		5,4	0,7	1,5	2,0			
Voelckel	Voelckel	2,8		4,0	2,0		1,6			
Miegel			2,4		2,7					
		0,4	3,1	5,1	0,3	3,0	5,5			bis z. 14. Jeth
		0,6	3,3	5,5	0,5	3,2	5,7			rechts) 1)
										links))

Anmerkung: K=kleinste, G=größte gemessene Höhle, M=Mittelwert

1) =nur männlich

bis z. 14. Feb. jahr
rechts) 1)
links)

Tabelle 2: Vorkommen von Stirnhöhlenaplasien

Autor u. Jahr	Quelle	Stirnhöhlen nicht vorhanden		Fehlen einer oder beider Höhlen
		einseitig	beidseitig	
		rechts	links	
Richter 1929	Koch			
Stern, L. 1939	Stern, L.			
Tarenetzky	"	3,2 %	2,7 %	20,5 %
Boege 1902	"	9 %	6 %	15 %
Butterberg 1939	"	4,4 %	2,5 %	11,8 %
Toida 1934	Iegneff	3,1 %	2,2 %	
Montiro	Wagemann	3,4 %	4,3 %	
Grünwald 1910	Koch	3 - 5 %	2 - 3 %	9 - 16 %
van Hoveen 1917	"			
Weinert	Sitsen			
Logan u.	"			0 %
Turner				
Onodi 1911	Onodi	1 %	1 %	30 - 37 %
Piegel 1965		1,2 %	0,4 %	1,6 %

oder Kinderkliniken (so Voelckel) gewonnen. Es muß angenommen werden, daß es sich vorwiegend um Aufnahmematerial von Kranken gehandelt hat.

Berücksichtigt man, daß Beck, J. und Fowler bei weit- aus mehr als der Hälfte von HNO-Kranken Pneumatisations- störungen beobachteten, dann zeigt das, wie problematisch es ist, sich aus diesen Angaben ein Bild der normalen Stirn- höhle zu machen.

9.2 Angaben über Asymmetrien und Fehlen von Stirnhöhlen.

Ebenso problematisch erscheinen die früheren Beobachtungen über einseitiges oder beidseitiges Fehlen der Stirnhöhlen. Eine Zusammenstellung der Ergebnisse ist in Tabelle 2 ange- geben. Sie sind häufig einander so widersprechend, daß die gefundenen Untersuchungsergebnisse außerhalb der nor- malen biologischen Schwankungsbreite liegen.

Auch hier scheint die Unterschiedlichkeit der Befunde durch eine fehlende exakte Definition der Stirnhöhlenbe- grenzung bedingt zu sein.

Für das Fehlen einer oder beider Stirnhöhlen liegen An- gaben vor, die zwischen 0 % und 20 % schwanken, wenn man die Untersuchungsergebnisse von Logan und Turner nicht mit berücksichtigt, da sie an Australiern und Maoris gewonnen wurden, bei denen stammesmäßige Veranlagungen mitspielen mögen.

Legt man die Zahlen der Tabelle 2 zugrunde, so kann man feststellen, daß die Sinus frontales beiderseits zugleich häufiger fehlen, als auf einer Seite allein. Interessant sind in diesem Zusammenhang auch die Angaben über die asym- metrische Anlage der Stirnhöhlen. Aus den meisten Beobach- tungen geht hervor, daß bei einseitiger Pneumatisation diese in der Mehrzahl auf der linken Seite stattfindet.

Nur Toida beobachtete die häufigeren Entwicklungen der Sinus auf der rechten Seite.

Auch die durch unterschiedliche Größenausbildung der Stirnhöhlen hervorgerufenen Asymmetrie spricht für diesen Befund. So findet Stern, L. von 1665 untersuchten Fällen die größere Stirnhöhle nur 58 mal auf der rechten aber 125 mal auf der linken Seite.

Ähnliche Ergebnisse berichten Tarenetzky und Honda. Boege gibt aufgrund anatomischer Untersuchungen an 203 Schädeln an, daß der linke Sinus in 67,5 % der rechte in 32,5 % größer ist.

In diesem Rahmen sei angedeutet, daß die linke Schädelhemi-sphäre in 63,5 % geräumiger gefunden wurde als die rechte (Inglessis). Der Autor weist darauf hin, daß auch die Rechtshänder das größere Kontingent der Menschen darstellen und deutet damit auf einen Zusammenhang. Veröffentlichungen von Richter und Trautmann finden ebenfalls beim Schädel ein Überwiegen der linken Seite.

Leider geht aus den Untersuchungen anderer Autoren nicht hervor, welche Unterschiede der Stirnhöhlengröße als asymmetrisch angesehen wurden und welcher Maßangaben man sich zum Vergleich bedient hat.

Auch bei Untersuchungen über die Lage des Septum interfrontalium wurde gefunden, daß eine Verbiegung nach rechts häufiger auftritt, als nach links.

Stern gibt unter anderem an, daß auch die linke Kieferhöhle die rechte öfter an Größe übertrifft als umgekehrt.

Die Angaben des Schrifttums berechtigen, von einer allgemeinen Abweichung der Pneumatisation von der bilateralen Symmetrie zugunsten der linken Seite zu sprechen.

10.0 Eigene Untersuchungen.

Oben wurde aufgezeigt, daß die Größe der Stirnhöhlen vielfachen Beeinflussungsmöglichkeiten, sowohl während der Entwicklung, als auch während des Erwachsenenalters ausgesetzt ist. Es wurde darauf hingewiesen, daß offenbar Schleimhautaffektionen, allgemeine Knochenerkrankungen, Veränderungen des Hirnvolumens und Durchblutungseinflüsse Hypo- und Hyperplasien der Nasennebenhöhlen zur Folge haben können.

Frühere Autoren stützen ihre Untersuchungen zum Teil auf Röntgenaufnahmen aus HNO- oder Kinderkliniken (Stern, Voelckel). Es wird nicht angegeben, ob eine Auswahl von Aufnahmen gesunder Individuen getroffen wurde.

Nach neueren Untersuchungen kommt den röntgenologisch leicht darzustellenden Stirnhöhlen auch auf dem Gebiet der neurologischen Diagnostik eine große Bedeutung zu. (Weickmann, Süsse) Es erschien deshalb notwendig, zu untersuchen, ob von einer "Normgröße" der Stirnhöhlen gesprochen werden kann.

10.1 Auswahl des untersuchten Kollektives.

Um eine Beurteilungsgrundlage für die Größe der Stirnhöhle des Erwachsenen aufzustellen, wurden in dieser Arbeit die Vorderflächen der Sinus frontales von 500 Männern im Alter von 19-25 Jahren untersucht, da im allgemeinen die Pneumatisationsvorgänge am Menschen mit Beendigung des Wachstums abgeschlossen sind. Es handelt sich dabei um ein Kollektiv von Männern, daß nach zahlreichen Untersuchungen für den Dienst als Flugzeugführer als tauglich befunden wurde.

Die notwendigen Unterlagen, besonders die Röntgenaufnahmen wurden im Flugmedizinischen Institut der Luftwaffe der Deutschen Bundesrepublik in Fürstentfeldbruck angefertigt und von dieser Stelle dem Untersucher zur Verfügung gestellt. Dem Leiter des Institutes, Herrn Oberstarzt Dr. med. Lauschner sei an dieser Stelle hierfür bestens gedankt.

Die vorliegenden Nasennebenhöhlenaufnahmen der 500 Männer wurden von uns auf röntgenologisch nachweisbare Veränderungen

durch krankhafte Zustände durchgesehen.

Dabei fand sich nur auf 3 Aufnahmen ein bildmäßig sicherer Hinweis auf eine Affektion der Stirnhöhle und zwar, in einem Fall mit kleinen, stark septierten Sinus eine inhomogene Verdichtung auf beiden Seiten, die wahrscheinlich Ausdruck einer früheren Sinusitis frontalis ist und in einem Fall bei minder entwickelter rechter Stirnhöhle eine inhomogene Trübung. Bildmäßig nachweisbare Affektionen der Sinus frontales waren also bei diesem Kollektiv ungewöhnlich selten.

Dagegen ließen sich röntgenologisch sehr oft Hinweise auf frische oder alte Affektionen der Kieferhöhlen registrieren. So wurden deutliche Verbreiterungen der Schleimhautbegleitschatten entlang der Kieferhöhlenwandung, sich halbkugelig darstellende Verschattungen in den dentalen Recessus und mehr oder weniger die ganze Kieferhöhle einnehmende Verschattungen beobachtet.

Die Aufschlüsselung nach diesen Merkmalen ergab, daß eine bildmäßige Veränderung beider Kieferhöhlen bei 33 Personen, entsprechend 6,6 %, eine rechtsseitige bei 37 Personen, entsprechend 7,6 %, eine linksseitige bei 33 Personen, entsprechend 6,6 % vorhanden war. Insgesamt wurde ein auf einen akuten oder abgelaufenen Schleimhautprozess der Kieferhöhlen hinweisender Röntgenbefund bei 103 Männern entsprechend 20,6 % erhoben.

Nicht berücksichtigt sind dabei geringe oder sehr fragliche Befunde, sodaß, würden diese auch mit in die Angaben einbezogen, derartige Schleimhautveränderungen der Kieferhöhlen noch häufiger wären.

In 8 Fällen war eine ausgeprägte Persistenz der Sutura frontalis nachzuweisen.

In 2 Fällen mit deutlich persistierender Stirnnaht waren die Stirnhöhlen fast nicht entwickelt, in den übrigen Fällen

Tabelle 3: Untersuchungsschema für die Fliegertauglichkeits-
untersuchung des von uns untersuchten Kollektives.

<u>Neurologisch-Psychiatrische Untersuchungen</u>	<u>Röntgenuntersuchungen</u>
Elektroencephalogramm Allgem. neurologische Untersuchungen Neurotron	Thorax Wirbelsäule Nasenebenhöhlen 'Magen-Darm 'Nieren 'Galle 'Schädel
<u>Innere Untersuchung und Laboruntersuchungen</u>	<u>Augenuntersuchungen</u>
E K G Interne Untersuchung Kreislaufbelastung 'Lungenfunktionsprobe 'Leberfunktionsproben 'Elektrophorese 'Blutchemie; Urinuntersuchung 'Staub-Traugott	Schleistungsprüfung Sehschärfenprüfung Augenmuskelbeweglichkeit Gleichgewichtsprüfung Akkommodation Farbsinnprüfung Räumliches Sehen Spaltlampenuntersuchung Augenhintergrunduntersuchung Dunkelanpassung 'Augeninnendruck 'Fundusphotographie
<u>H N O - ärztliche Untersuchungen</u>	<u>Zahnärztliche Untersuchung</u>
Audiometrie Allgem. HNO-Untersuchung Druckausgleich Nystagmus Drehtest Lansberg 'Sprachaudiometrie 'Calorische Drehprüfung	Röntgenstatus Zahn- Mund- und Kieferbefund

Die mit ' bezeichneten Untersuchungen werden nur bei Bedarf durchgeführt.

waren sie mehr oder weniger ausgedehnt pneumatisiert.

10.11 Die Untersuchungsmethoden zur Auswahl der Flugzeugführer.

Damit ist es zum ersten Mal möglich, die Stirnhöhlen eines Personenkreises zu untersuchen, der nach Ausschöpfung der Methoden der ärztlichen Routineuntersuchungen als weitestgehend gesund befunden wurde. (Tabelle 3)

Die Tabelle 3 gibt im Einzelnen Auskunft über das umfangreiche Untersuchungsverfahren, in dessen Verlauf auch die für diese Arbeit verwendeten Röntgenaufnahmen angefertigt wurden. Wie sich erkennen läßt, werden hinsichtlich der Schädelorgane eine Reihe von Untersuchungen ausgeführt, sodaß, wenn alle diese Befunde normale Werte ergeben, stärkere funktionelle oder organische Störungen im Kopfbereich fast als ausgeschlossen gelten können, daß sich also unter den Untersuchten und für den Dienst als tauglich befundenen Männern nur Personen befanden, bei denen Schädigungen, die einen nachweisbaren Einfluß auf die Stirnhöhlengröße nehmen, zum Zeitpunkt der Untersuchungen ausgeschlossen waren, mit Einschränkung der drei oben angegebenen Fälle von Sinusitis frontalis.

Es ist auch kaum wahrscheinlich, daß sich unter ihnen Personen befanden, die aufgrund einer konstitutionellen Veranlagung während ihrer Kindheit und Jugend solche Krankheitsprozesse in stärkerem Maße erlitten haben, da sich in der Regel infolge der hohen Anforderungen, insbesondere an die Gesundheit, nur körperlich und geistig robuste Naturen für diese Tätigkeit melden. Zudem werden Bewerber, bei denen anamnestisch bekannt gewordene Dispositionen vorliegen, ebenfalls von der Annahme ausgeschlossen. Durch Intelligenztests wird auch in dieser Hinsicht eine strenge Auswahl getroffen.

Man kann also mit Recht annehmen, daß hier die Aufnahmen eines Kollektives kerngesunder junger Männer im Abschluß des Wachstumsalters zur Verfügung stehen.

10.2 Beschreibung des Meßverfahrens.

Da, wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben, infolge der unregelmäßigen Umrißformen der Sinus frontales eine Größenangabe aus den Abmessungen der größten Höhe und Breite sehr ungenau ist, wurde hier, im Gegensatz zu früheren Untersuchungen, zum ersten Mal die sich auf dem Röntgenbild projizierenden Vorderflächen der Stirnhöhlen mit Hilfe eines ARISTO-Polarplanimeters,¹⁾ das eine genaue Ermittlung des Flächeninhaltes von unregelmäßig begrenzten Flächen in qcm erlaubt, ausgemessen. (s. Abb. 4)

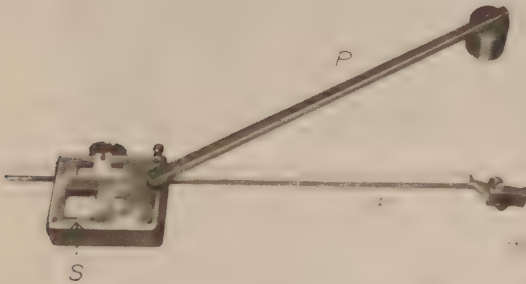


Abb.4 ARISTO-Polarplanimeter. Das Gerät besteht aus einem Polarm P, der fest mit der Unterlage verbunden wird und einem Fahrarm F, mit dem die Grenzlinie der unregelmäßig begrenzten Fläche umfahren wird. Aus der Ablesung an der Skala S ergibt sich durch Umrechnung die Flächengröße in qcm.

Dazu wurden die Umrisse der Stirnhöhlen in gleicher Größe auf durchsichtiges Transparentpapier überzeichnet. Jede Fläche wurde dreimal ausgemessen und der Mittelwert zur Auswertung herangezogen. Die Ergebnisse wurden graphisch dargestellt. (s. Abb. 7,8,9,10,11,14)

10.3 Beschreibung des Röntgenaufnahmeverfahrens.

Die Röntgenaufnahmen wurden im occipito-oralen Strahlen-

1) Hersteller: Fa. Dennert & Pape, Hamburg

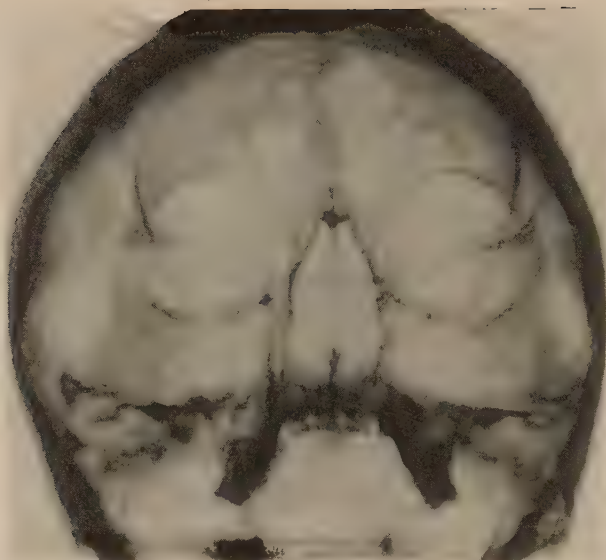


Abb. 5a Röntgenaufnahme eines Sklettschädels in occipito-oraler Aufnahme-richtung. Die Stirnhöhlen-
flächen dieser Abb. wurden gemessen und mit den
Flächen derselben Stirnhöhlen verglichen, die mit
einem zur Deut. Horizontalen parallelen Strahlen-
gang aufgenommen wurden. (zum Vergleich s. Abb. 5b)

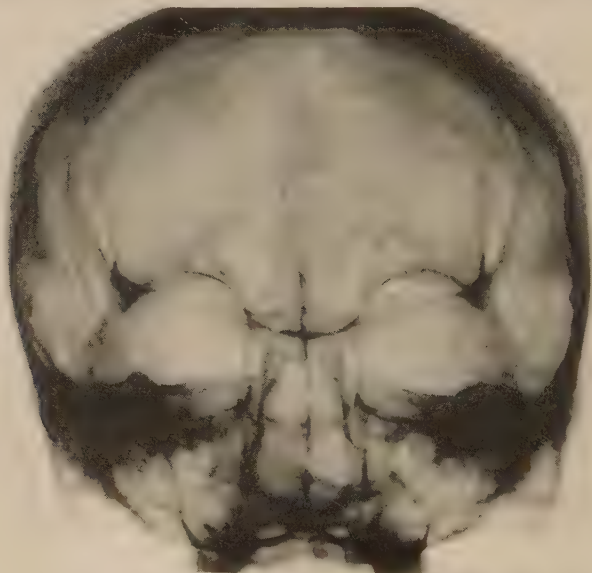


Abb. 5b Aufnahme des Schädels 5a mit zur Deut. Hori-
zontalen parallelen Strahlengang zum Vergleich.

gang nach Pirie angefertigt, also dem international üblichen Verfahren zur Darstellung der Nasennebenhöhlen, bei dem Nase und Kinn bei weit geöffnetem Mund der Platte anliegen, der Kopf etwas nach hinten geneigt ist und der Zentralstrahl senkrecht auf die Platte auftrifft. Dabei ist die Medianebene etwa 10° kaudalwärts geneigt. Es ist bei diesem Verfahren die Regel, daß infolge der Strahlendivergenz eine geringe Vergrößerung der dargestellten Flächen erfolgt. Doch ist die Abweichung bei der Nähe der Stirnhöhlen an der Platte gering und sie ist zudem bei allen Aufnahmen etwa gleich groß, weil immer die gleiche Aufnahmetechnik angewandt wurde. Dagegen können Abbildungsunterschiede daraus entstehen, daß nicht immer exakt der gleiche Einfallswinkel des Zentralstrahles gewählt wird.

Um die Bedeutung dieser Abweichung zu demonstrieren, wurden die Stirnhöhlen eines Sklettschädels einmal in der oben beschriebenen, allgemein üblichen Aufnahmetechnik aufgenommen und zum Vergleich in einer Lagerung, bei der der Zentralstrahl parallel zur Deutschen Horizontalen liegt, also absichtlich in einem weit über die Lagerungsunterschiede, die normalerweise auftreten können, veränderten Winkel.

Es werden dazu die mit dem Polarplanimeter ermittelten Flächengrößen beider Aufnahmen des Sklettschädels einander gegenübergestellt: (s. Abb. 5a u. 5b).

Aufnahmeverfahren	Fläche in qcm	
	rechts	links
Strahlengang paral. zur Deut. Horizontalen	9,6	13,7
Strahlengang in occipito-oraler Richtung	10,0	14,1

Legt man diese Messungen zugrunde, so ergibt sich bei den ausgewerteten Röntgenaufnahmen ein Fehler von ca 2 % - 4 % im Sinne einer Vergrößerung bei Darstellung der Stirnhöhlen im occipito-oralen Strahlengang. Die maximale Abweichung, die

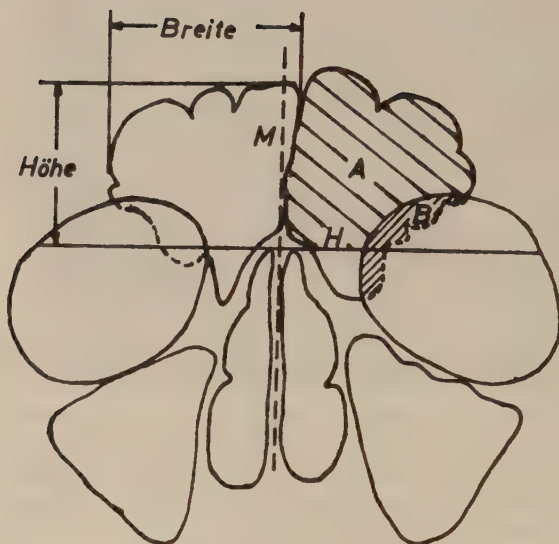


Abb. 6. Die Abbildung zeigt die von uns definierte untere Begrenzung H der Stirnhöhlen im Bereich zwischen oberem medialen Orbitabogen und Os nasale. H ist als Senkrechte zu M durch den Punkt konstruiert, in dem sich das Zusammen-
treffen der Lamina perpendicularis mit dem Nasenbein bzw. mit dem Siebbein im Röntgenbild projiziert.
Die Stirnhöhlenfläche A wurde einmal allein, in einer zweiten Messung zusammen mit B als A+B gemessen. B bezeichnet die Projektion der supraorbitalen Recessus der Stirnhöhle.
Weiter zeigt die Abbildung die von uns gemessene größte Höhe und Breite.

bei ungenauer Handhabung des Verfahrens auftreten kann, ist also verhältnismäßig gering.

10.4 Definition der Stirnhöhlengrenzen.

Um eine einheitliche Voraussetzung für die Beurteilung der Stirnhöhlenfläche zu bekommen, mußte die Begrenzung der Sinus im Bereich zwischen Os nasale und innerem oberen Orbitabogen genau definiert werden, da sich in diesem Bereich röntgenologisch selten eine Begrenzung der Stirnhöhlen darstellt, weil hier häufig eine Überlagerung durch Siebbeinzellen erfolgt.

Es wurde daher unter Zuhilfenahme der Nasenscheidewand als Mittelsenkrechte eine zu dieser senkrecht stehende Gerade durch den Punkt gezeichnet, an dem sich das Zusammentreffen der Lamina cribriformis, bzw. der Lamina perpendicularis mit den Ossa nasalia auf dem Röntgenbild projiziert. Diese Linie wurde im Bereich zwischen Os nasale und innerem oberen Orbitabogen als untere Begrenzung der Sinus gewählt. (s. Abb. 6)

Bei einer Reihe von Aufnahmen war ein Septum interfrontalium nicht eindeutig festzulegen, oder es fehlte. Hier wurde die oben beschriebene Mittelsenkrechte nach oben verlängert und bei Messungen wie das Septum interfrontalium behandelt. Als untere Begrenzung der Sinus wurde, wenn die Höhe bis an den oberen Orbitalrand heranreichte, dieser genommen und bei einer weiteren Messung der Teil der Stirnhöhle mit in die Fläche einbezogen, der sich auf dem Röntgenbild unterhalb des oberen Orbitabogens darstellt. Dieser Teil ist die Projektion des sich auf dem Orbitadach nach hinten erstreckenden Höhlenteiles.

In der Arbeit wird die fronto-occipitale Ausdehnung der Stirnhöhle nicht berücksichtigt, weil sich aus den vorhandenen Aufsichtsaufnahmen keine Angaben über die Tiefenausdehnung bzw. über das Volumen machen lassen.

Es ist jedoch durch neuere Untersuchungen von Oehmke und Süsse an 254 Skelettschädeln des Anatomischen Institutes Marburg festgestellt worden, daß selbst bei kleinen Asymmetrien der Stirnhöhlen beider Seiten im Röntgenbild eine unterschiedliche Tiefenausdehnung vorliegt und zwar ist sie in den meisten Fällen durch eine unterschiedliche Lage der hinteren Sinuswand bedingt; diese steht auf der Seite der größeren Höhle weiter cerebralwärts. Damit läßt sich von einer röntgenologisch feststellbaren Vergrößerung der Aufsichtsfläche auch auf eine Tiefenvergrößerung schließen, und die zweidimensionalen Meßwerte vermögen eine gewisse Auskunft auch über die Raumausdehnung zu geben.

Im Folgenden ist unter Größe der Stirnhöhlen jedoch die mit unserer Methodik gemessene und definierte Flächengröße zu verstehen. (s. Abb. 6)

11.0 Ergebnisse der eigenen Untersuchungen.

11.1 Stirnhöhlenhöhen rechts und links.

Zunächst wurden die maximalen Höhen der Stirnhöhlen für die rechte und die linke Seite gemessen und in einem Blockdiagramm zusammengestellt. (Abb.7)

Danach ergeben sich für die kleinste gemessene Höhe ein Wert von 0,4 cm auf der rechten Seite und 0,6 cm auf der linken.

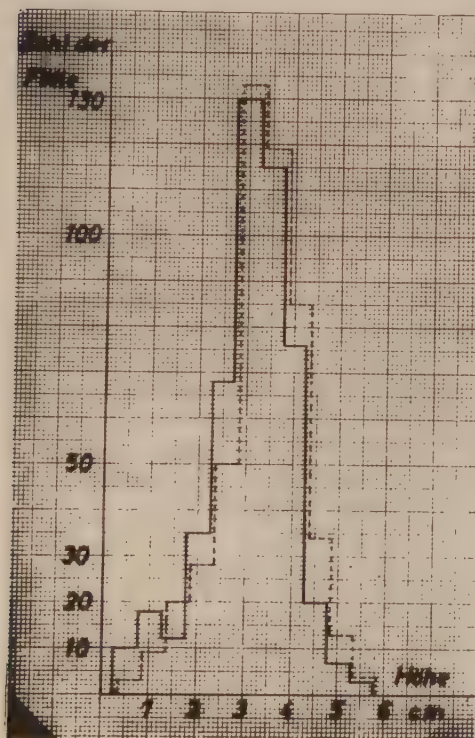


Abb. 7. Graphische Darstellung der maximalen Höhen der 500 untersuchten Stirnhöhlen. Werte aufgerundet auf 0,5 und Vielfache davon. (rechts = durchgezogene Linie)

Die größte Höhle hatte rechts eine Höhe von 5,1 cm, links von 5,5 cm. Aus den Meßergebnissen läßt sich als Durchschnittshöhe für die rechte Seite ein Wert von 3,1 cm und für die linke von 3,3 cm errechnen.

Die rechte Höhle zeigt mit einer Schwankungsbreite der Ausdehnung nach oben von 0,4 cm bis 5,1 cm ebenso wie die linke, die zwischen 0,6 und 5,5 cm hoch ist, eine außerordentliche Variabilität.

Vergleicht man diese Werte mit den Höhenangaben anderer Untersucher, so sieht man, daß die Untersuchungsergebnisse nicht wesentlich von den Angaben Sterns und Onodis abweichen, die nicht für rechts und links gesondert aufgeschlüsselt sind. (vergl. Tabelle 1) Allerdings fand Onodi für die größte Höhe nur einen Wert von 3,2 cm. Als Durchschnittsmaß für die Stirnhöhlenhöhe wurden, mit Ausnahme von Alezais, von anderen Autoren kleinere Werte angegeben, die oft etwa 1 cm geringer waren als unsere Ergebnisse.

11.2 Stirnhöhlenbreite rechts und links.

Mit den Angaben über die Stirnhöhlenbreite verhält es sich ähnlich. (Abb. 8)

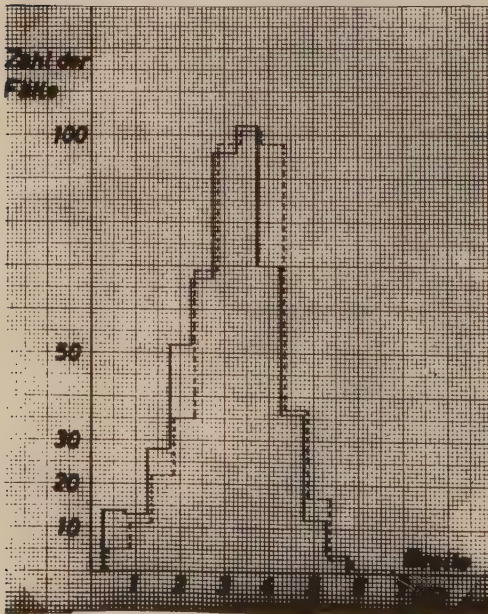


Abb. 8. Die Breiten der 500 von uns gemessenen Stirnhöhlen. Werte wie bei Abb. 7. (rechts = durchgezogene Linie)

Wir finden bei einer Variationsbreite von 0,3 cm bis 5,5 cm für die rechte und von 0,5 cm bis 5,7 cm für die linke Stirnhöhle Werte, die ein größeres Variationsspektrum darstellen, als die Angaben Onodis. Von den Angaben Sterns weichen unsere Werte nur wenig ab. Die von uns gemessenen Durchschnittswerte liegen für die Breite der rechten Seite bei 3,0 cm und für die der linken Seite bei 3,2 cm. Sie sind damit etwa 0,5 cm bis 1,5 cm größer als die früher gemessenen. Es verwundert, daß Onodi und auch v. Mihalkowitz für die kleinen Stirnhöhlen eine geringere Höhe als Breite finden, denn häufig zeigte sich bei den von uns untersuchten kleinen Höhlen, daß sie sich tropfenförmig zwischen den oberen medialen Orbitabögen in das Os nasale nach oben ausdehnen und meist höher als breit waren.

Es sei noch einmal auf die Schwierigkeit hingewiesen, aus den Höhen- und Breitenangaben Rückschlüsse auf die Fläche zu ziehen und daraus etwa ein Urteil über Flächengleichheit abzuleiten.

11.3 Stirnhöhlenflächen.

Deshalb wurde in dieser Arbeit das Hauptaugenmerk auf die Flächengröße gerichtet und ein genauer Flächeninhalt in qcm angegeben.

Die mit Hilfe des oben beschriebenen Meßverfahrens ermittelten Größen wurden in einem Blockdiagramm dargestellt. (s. Abb. 9) Dabei wurden die Meßwerte auf 0,5 cm² und Vielfache davon aufgerundet. (s. auch Abb. 7 + 8)

Aus der Darstellung geht hervor, daß die Variationsbreite der Stirnhöhlenfläche sehr groß ist. Es wurden Flächen von weniger als einem qcm bis zu mehr als 15 qcm Größe gemessen.

Die kleinste Höhle auf der rechten Seite maß 0,1 qcm, auf der linken 0,3 qcm. Die größte gemessene Höhle auf der rechten Seite hatte eine Vorderfläche von 15,0 qcm, auf der linken 15,4 qcm.

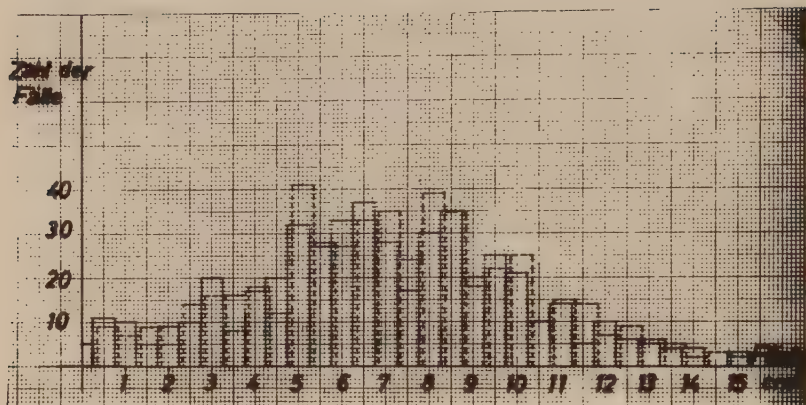


Abb. 9. Die Größen der rechten und der linken Stirnhöhlen in qcm, aufgerundet auf volle Werte von 0,5 und Vielfachen davon. (rechts = durchgezogene Linie)

Eine Übersichtskurve der Stirnhöhlengrößen zeigt, daß die gefundenen Werte nur annähernd eine sogenannte Wahrscheinlichkeitskurve bilden, die sonst bei der Verteilung biologischer Größen gefunden wird. (s. Abb. 10)

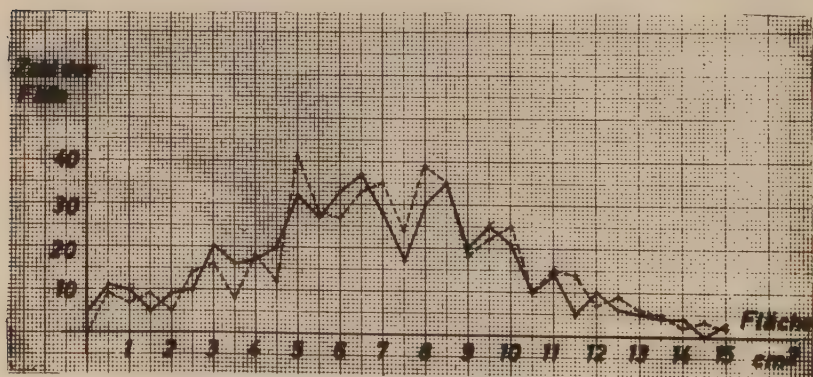


Abb. 10. Übersichtskurve über die Stirnhöhlengröße bei 500 Piloten. Fläche in qcm auf 0,5 und Vielfache davon aufgerundet. (rechts = durchgezogene Linie)

Man erkennt mehrere Gipfel, von denen die augenfälligsten für den rechten Sinus etwa bei 6,5 qcm und 8,5 qcm, für den linken bei 5 qcm und 8 qcm liegen. Zu einer Erfüllung der Wahrscheinlichkeitskurve sind wesentlich mehr Fälle zu beobachten.

Eine genaue Berechnung der mittleren Größen der Stirnhöhle ergab für die rechte Seite 6,8 qcm für die linke 7,3 qcm.

Ein Vergleich dieser Werte zeigt, daß die linke Stirnhöhle die rechte im Durchschnitt um 0,5 qcm an Größe übertrifft. In einer weiteren Messung werden die im Röntgenbild unterhalb des oberen Orbitalbogens sichtbaren Recessus orbitales mit in die Flächenmessung einbezogen. Ihre Projektion kommt dadurch zustande, daß die Röntgenstrahlen von hinten oben und nach vorn unten gerichtet sind, während die Recessus orbitales von vorn oben nach hinten unten, entsprechend dem Orbitadach, liegen.

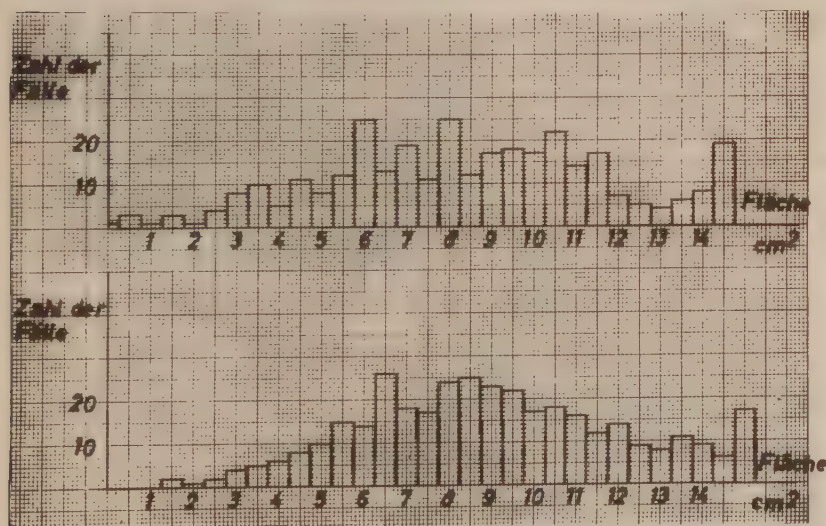


Abb. 11. Die Größen der rechten (oben) und der linken (unten) Stirnhöhlen einschließlich der im Röntgenbild sichtbaren, unter dem oberen Orbitalbogen liegenden Projektionen des Recessus orbitalis. Werte in qcm wie in Abb. 7, 8, 9, u. 10.

Auf der rechten Seite kam in 236, auf der linken in 359 Fällen ein Recessus orbitalis zur Darstellung. Somit wird die supraorbitale Pneumatisation in 123 Fällen nur einseitig nachgewiesen.

Es soll damit demonstriert werden, daß die linke Stirnhöhle zusätzlich auch dadurch größer ist, weil sie einen Recessus auf dem Orbitadach ausbildet.

Es soll nicht weiter auf die Befunde der Abb. 11 eingegangen werden, da infolge der ungünstigen Projektionslage der Recessus orbitales mit einem Strahleinfall von etwa 30° - 40° eine erhebliche Verkleinerung der Hohlräume erfolgt, doch man kann sich durch sie gut einen optischen Eindruck von der bevorzugten Pneumatisation der linken Seite verschaffen.

11.4 Beobachtung von Asymmetrien durch Überlappung, Größenunterschiede zwischen rechter und linker Seite und Aplasien.

In einigen Fällen konnte beobachtet werden, daß die Stirnhöhle der einen Seite die der anderen teilweise überlappt und dabei das Septum interfrontalium mehr oder weniger der horizontalen Lage nahekommt, so, daß im Sagittalschnitt der Eindruck entsteht, es handele sich um zwei übereinander liegende Höhlen.

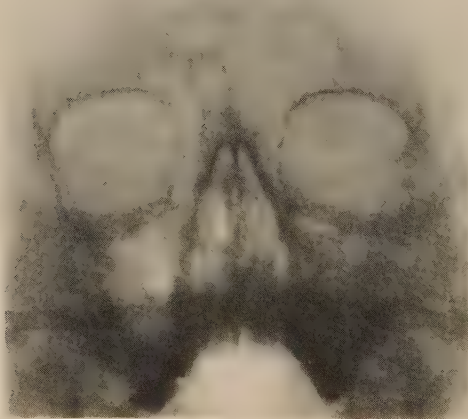


Abb. 12. Stirnhöhlen im occipito-oralem Strahlengang. Die linke Stirnhöhle überlappt die rechte, sodaß das Septum interfrontalium teilweise horizontal steht.

Es wurden anhand des zur Verfügung stehenden Untersuchungsgutes alle Aufnahmen gezählt, bei denen die eine Höhle mindestens 1 cm über die andere nach lateral hinwegragt. Danach wurde die rechte Höhle in 15 Fällen, die linke nur in 9 Fällen von dem Sinus der Gegenseite überlagert.

Onodi beschreibt Stirnhöhlen, die bis in die Schläfengrube hineinragen. Unter dem vorliegenden Aufnahmematerial wurden eine Stirnhöhle gefunden, die nur 0,4 cm weniger weit nach lateral reicht, als der laterale Orbitalrand, eine andere 0,7 cm und eine weitere 0,8 cm. (s. Abb. 13)

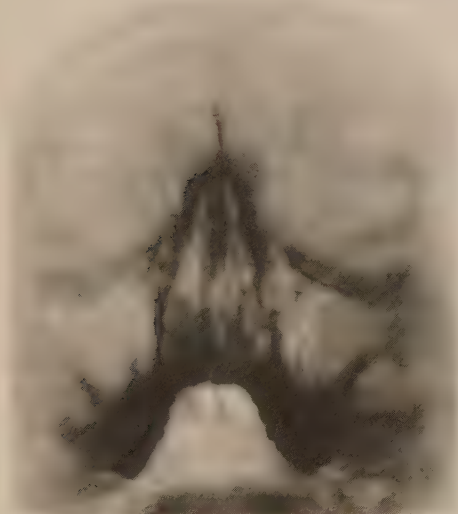


Abb. 13. Besonders weit nach lateral ausgedehnte Stirnhöhlen. Die Höhlen sind stark septiert. Es liegt eine weitgehende Pneumatisation des Orbitadaches vor.

Einen Überblick über die Größenverteilung zwischen rechter und linker Stirnhöhle, über gleichgroße Höhlen und über einseitig fehlende gibt Abb. 14. Danach sind 274 Stirnhöhlen oder 54,8 % links größer als rechts, 206 oder 41,2 % rechts größer als links ausgeprägt.

Es konnten nur 12 rechts und links gleichgroße Sinus gefunden werden.

Auf einer Seite fehlten bei den 500 untersuchten Personen nur 8 Stirnhöhlen, davon 6 auf der rechten Seite. (s. Abb. 15)

Beidseitiges Fehlen wurde nicht beobachtet.

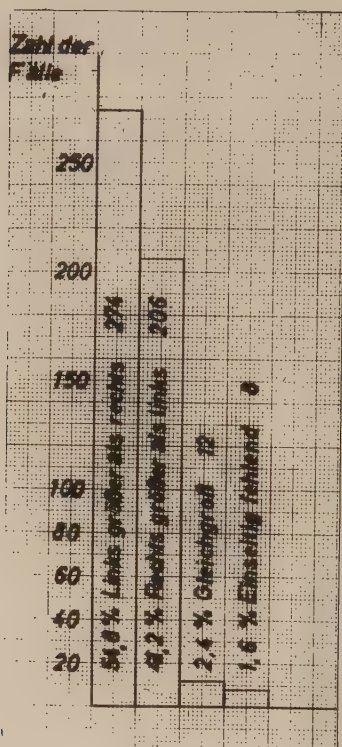


Abb. 14. Überblick über die Größenverhältnisse der Stirnhöhlen zueinander und über die beobachteten Aplasien. (Gesamtzahl 500)

12.o Zusammenfassender Überblick und Diskussion der Ergebnisse.

Zunächst seien die Untersuchungsergebnisse dargestellt:

	Höhe		Breite		Mittlere Fläche	Anzahl der größeren Höhlen auf einer Seite	Aplastien
	von-bis	Mittelwert	von-bis	Mittelwert			
Rechts	0,4-5,1	3,1	0,3-5,5	3,0	6,8 qcm	206 = 41,2 %	6
Links	0,6-5,5	3,3	0,5-5,7	3,2	7,3 qcm	274 = 54,8 %	2

Tab.: 4. Die Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Meßergebnisse unserer Untersuchungen an 500 Piloten.

Es zeigt sich, daß die mittlere Höhe bei den Untersuchungen früherer Autoren (s. Tab.1) mit Ausnahme von Alezais, der einen größeren Wert findet, zwischen 2,0 cm bei Arnold und 0,4 cm bei Kunitomo kleiner angegeben werden.

Ebenso finden wir größere Ausdehnung der Stirnhöhlenbreite als die eben zitierten Untersucher. Sie werden gegenüber Arnold um 1,6 cm, gegenüber Tarenetzky um 0,6 cm größer gefunden. Lediglich Alezais findet auch eine größere Stirnhöhlenbreite als wir.

Es ist auffällig, daß die mittlere Höhe und Breite der Sinus frontales unseres Kollektives fast gleichgroß sind. Diese Beobachtung erlaubt jedoch nicht, den Schluß zu ziehen, die Stirnhöhlen seien gewöhnlich ebenso breit wie hoch. Bei den meisten von uns gemessenen Stirnhöhlen ist dies nicht der Fall gewesen.

Über die Größe der Stirnhöhlenvorderfläche sind uns Angaben anderer Autoren nicht bekannt.

Wir haben bei unseren Untersuchungen gerade der Flächengröße vermehrte Beobachtung geschenkt, da ihre Bestimmung allein einen Rückschluß auf Asymmetrien beispielsweise erlaubt.

Wir finden, daß die Vorderfläche der rechten Höhle im Mittel 6,8 qcm, die der linken 7,3 qcm groß ist.

Es wurde schon gesagt, daß ein Rückschluß auf die Flächengröße aus den Höhen- und Breitenabmessungen nicht möglich ist. Hier wird dies erneut deutlich, da unser Wert für die mittleren Flächengrößen wesentlich kleiner ist, als das Produkt aus mittlerer Höhe und Breite.

Stirnhöhlenaplasie wird bei früheren Untersuchern zwischen 1 % und 4 % einseitig gefunden, mit Ausnahme von Weinert, der das Fehlen einer Stirnhöhle nicht beschreibt. An dem von uns untersuchten Kollektiv war nur 8 mal oder bei 1,6 % eine Stirnbeinseite nicht pneumatisiert, also in einer zu den eben zitierten Autoren sehr niedrigen Zahl.

Auffällig ist auch, daß wir keinen Fall einer doppelseitigen Stirnhöhlenaplasie fanden, wogegen z.B. v. Hoeven bei 15,3 % und Stern bei 17,5 % der von ihnen untersuchten Personen keine Stirnbeinpneumatisation vorfanden.

Wenn auch 665 der 1665 von Stern Untersuchten unter 20 Jahren alt waren, so ist doch der von ihm gefundene Wert enorm hoch. Bei der Mehrzahl der anderen Autoren werden doppelseitige Aplasien bei etwa 5 % - 8 % gefunden.

Da die zitierten Autoren keine näheren Angaben über den Ausschluß Kranker aus ihrem Untersuchungsgut machen, sie aber häufig Röntgen-Aufnahmen an HNO-Kliniken untersuchten, ist anzunehmen, daß sich darunter eine Anzahl von Personen befand, **bei der Schädigungen** derart, wie sie oben beschrieben wurden, den Vorgang der Pneumatisation gehemmt oder unmöglich gemacht haben. Zudem sei nochmals darauf hingewiesen, daß eine exakte Begrenzung der Sinus frontales medial vom Supraorbitalbogen bei ihnen nicht angegeben wurde.

Stern führt an, daß von 1665 Fällen die Stirnhöhlen 58 mal oder 3,5 % rechts und 124 mal oder 7,4 % links größer waren

als die der Gegenseite. Auch hier sind unsere Werte zugunsten der linken Stirnhöhle erheblich höher. Wir finden die linke Stirnhöhle 274 mal oder 54,8 %, die rechte nur 206 mal oder 41,2 % größer als die kontralaterale, was besagt, daß der linke Sinus 13,6 mal häufiger v. H. den rechten an Ausdehnung übertrifft, als umgekehrt. Vermutlich ist die Einteilung in groß, mittel, klein bei Stern zu grob, um kleinere Flächenasymmetrien damit zu erfassen.

Auch die Maßangaben für Höhe und Breite lassen auf eine bevorzugte Pneumatisation der linken Stirnbeinhälfte schließen.

Wir finden, wie oben angegeben, die Durchschnittshöhen- und Breitenunterschiede links mit 0,2 cm zwar nur geringgradig, aber merklich größer, als rechts. Die Kurven der Höhen- und Breitenverteilung (s. Abb 7 und Abb. 8) zeigen dies deutlicher, da für die größeren Höhen- und Breitenmaße die linken Sinus an Zahl überwiegen.

Es besteht Einstimmigkeit mit früheren Untersuchern darüber, daß das Septum interfrontalium in der Mehrzahl der Fälle nach rechts deviiert ist, wodurch ebenfalls eine Vergrößerung der linken Sinus bewirkt wird.

Nach eigenen Beobachtungen und auch den überwiegenden Angaben im Schrifttum (Stern, Lutterberg, Tarenetzky, Boege u.a.) ist eine Abweichung von der bilateralen Symmetrie zugunsten einer größeren linken Stirnhöhle ein häufiger normaler Befund.

Eine Ursache dafür ist nicht bekannt.

13.0 Zusammenfassung.

Anhand der Nasennebenhöhlenaufnahmen von 500 jungen Männern im Alter von 19 bis 25 Jahren sollte das normale Bild der Stirnhöhlen untersucht werden.

Die Erhebungen wurden im Gegensatz zu früheren Autoren, die diese Untersuchungen zum größten Teil an klinischen Aufnahmen der Nasennebenhöhlen vornahmen, an ~~gesteten~~ und für tauglich befundenen Piloten, die weder subjektive Beschwerden, noch mit Hilfe ärztlicher Untersuchungen feststellbare Schäden, insbesondere im Hals-Nasen- und Ohren- und Kopfbereich aufwiesen, also an einem kerngesunden Kollektiv vorgenommen.

Um eine einheitliche Grundlage für die Messungen zu erhalten, wurde die Begrenzung der Stirnhöhlen im Bereich zwischen Os nasale und oberem medialen Orbitabogen definiert.

Es wurden insbesondere die Aufsichtsflächen der im Röntgenbild projizierten Sinus frontales mit Hilfe eines Polarplanimeters, das eine genaue Flächenmessung unregelmäßig begrenzter Felder in qcm erlaubt, ausgemessen.

Anhand der Flächenmaße wurden die Symmetrieverhältnisse erfaßt.

Weiter wurden die maximalen Höhen und Breiten jeder Stirnhöhle gemessen und die vorliegenden Aufnahmen auf Aplasien und Deviationen des Septum interfrontalium durchgesehen und supraorbitale Pneumatisationen erfaßt.

Unsere Meßergebnisse stellten wir in Blockdiagrammen graphisch dar.

Die von uns ermittelten Maße für die maximalen Höhen der rechten Stirnhöhlen lagen zwischen 0,4 cm und 5,1 cm bei einem Mittelwert von 3,1 cm für die linken Stirnhöhlen, zwischen 0,6 cm und 5,5 cm bei einem Mittel von 3,3 cm.

Die maximalen Breitenmaße lagen zwischen 0,3 cm und 5,5 cm bei einem Mittelwert von 3,0 cm für die rechten, bei 0,5 cm und 5,7 cm bei einer Durchschnittsbreite von 3,2 cm für die linken Sinus frontales. Die von uns ermittelten Maße sind gegenüber der Mehrzahl der früheren Angaben größer.

Die Variationsbreite der Stirnhöhlen-vorderflächen war mit Maßen von weniger als 1 qcm bis etwa 15 qcm außerordentlich groß. Die mittlere Flächengröße lag bei 6,8 qcm für die rechte, bei 7,3 qcm für die linke Stirnhöhle.

In 15 Fällen konnte beobachtet werden, daß die rechte, in 9 Fällen, daß die linke Stirnhöhle von der kontralateralen überlappt wurde.

Deviationen des Septum interfrontalium erfolgten meist nach rechts.

Die Stirnhöhlen mit ausgesprochen großen Höhen, Breiten und Flächen wurden ebenfalls auf der linken Seite gefunden.

Bei 274, also bei 54,8 % von 500 Fällen, war die linke Stirnhöhle größer als die rechte. Bei 206 oder 41,2 % lagen die Verhältnisse umgekehrt.

Stirnhöhlenaplasie auf beiden Seiten konnte nicht beobachtet werden. Auf der rechten Seite fehlten die Sinus frontales in 6 Fällen, auf der linken in 2 Fällen.

Die größeren durchschnittlichen Höhen- und Breitenmaße, sowie die größeren mittleren Flächenmaße, die Tatsache, daß die linke Stirnhöhle die rechte häufiger an Größe übertraf als umgekehrt, die geringere Anzahl von Aplasien und die öfter zu beobachtende Verbiegung des Septum interfrontalium nach rechts zeigen eine deutliche Asymmetrie zugunsten der linken Stirnhöhle bei der Stirnbeinpneumatisation.

- Albrecht, W. : Pneumatisation und Konstitution.
Zschr. Hals-usw. Heilk. 10 , 51 , 1924
- Albrecht, W. u. Schwarz, M. : Anlage und
Pneumatisation. zit. bei L.Stern
- Alezais : zit. bei Onodi, A.
- Arnold : zit. bei Onodi, A.
- Bargmann, W. : Histologische und mikroskopische Anatomie des Menschen. Stuttgart 1962
- Barth, H. : Pneumatisation und Antrotomie.
Zschr. Hals-usw. Heilk. 38 , 137 , 1935
- Beck, J. : Beziehungen zwischen der Pneumatisation des Warzenfortsatzes und der Pneumatisation der Nasennebenhöhlen.
Zschr. Hals-usw. Heilk. 18 , 137 , 1927
- Bennighoff - Goerttler : Lehrbuch der Anatomie des Menschen.
München - Berlin 1960
- Beyer : zit. bei Onodi, A.
- Boege, K. : Zur Anatomie der Stirnhöhlen.
Diss. Königsberg 1902
- Braune und Clasen : Die Nebenhöhlen der menschl. Nase
Zschr. Anatomie 2 , 1877
- Brühl : zit. bei Onodi, A.
- Cotard, H. : Etude sur l'atrophie cérébrale.
Thèse , Paris 1868
- Davidoff und Epstein : The abnormal Pneumencephalogramm. London 1953
- Descö, D. : Die physiologische Bedeutung und Funktion der Nasennebenhöhlen.
Ref. Zbl. Hals-Nasen-Ohren Heilk. 27 , 48 , 1937
- Dyke, G. G., L. M. Davidoff, and C. B. Masson : Cerebral hemiatrophy with homolateral hypertrophy of the skull and sinuses. Surg. Gynec. Obstet. 57 , 588 , 1933
- Dziallas, P. : Morphologische Jahrbuch 92 , 500 , 1952
- Eckel, W. und Baisser, D. : Untersuchung zur Frage des Einflusses der Gaumenspaltbildung auf die Kieferhöhlengröße.
Zschr. Laryng. Rhinolog. 1 , 1964

- E c k e r t - M ö b i u s : Arch. f. Ohren 163 , 479 , 1953
- F e r n e r , H . und K a u t z k y , R . : Angewandte Anatomie des Gehirns und seiner Hüllen.
Hdb. d. Neurochirurgie Bd. 1
Berlin, Göttingen, Heidelberg 1959
- F r e r s , A . : Studien über die postembryonale Entwicklung der Nebenhöhlen der Nase.
Zbl. Ohrenheilk. 7 , 515 , 1909
- F o w l e r : zit. bei Vyslonzil
- v. G i l s e , P . H . G . : Über die Entwicklung der Keilbeinhöhle des Menschen. Zschr. Hals-usw.
Heilk. 16 , 202 , 1926
- G r a s h e y - B i r k n e r : Atlas typischer Röntgenbilder vom normalen Menschen. 10. Aufl.
München, Berlin 1964
- H a a s , L . : Über Entwicklung und Nichtentwicklung der Nasennebenhöhlen bes. der Stirnhöhlen
Mschr. Ohrenheilkunde 85 , 87 , 1951
- H a f f e r l , A . : Lehrbuch der topogr. Anatomie.
Berlin, Göttingen, Heidelberg 1953
- H a i k e , H . : Die Entwicklungsstörungen der Nasennebenhöhlen bei Ozaena.
Passow-Schaeffers Beitr. 5 , 301 , 1912
- H a l l e , : Beitrag zur Physiologie der Nebenhöhlen.
Ref. Int. Zbl. Ohrenheilk. 35 , 295 , 1932
- H o e v e n , J . v a n d e r , : Das Verhältnis der Größe der Stirnhöhlen zur Wölbung der Tubera frontalia.
Ref. Zbl. Laryng. 33 , 75 , 1917
- H o n d a , M . : Über die röntgenol. Untersuchung der Stirnhöhlen bei Japanern.
Ref. Zbl. Hals-usw. Heilk. 29 , 656 , 1929
- H ü n e r m a n n , Th : Über unerkannte Kieferhöhlenentzündungen.
Mschr. Ohrenheilk. 85 , 87 , 1951
- I n g l e s s i s , M . : Über die Kapazitätsunterschiede der linken und der rechten Hälfte am Schädel beim Menschen. Zschr. Neur. 97, 354, 1925
- K a i n z , W . : Über die Auskleidung der lufthaltigen Warzenfortsatzzellen. Ein Beitr. zur Kenntnis der Pneumatisation.
Z. Hals-usw. Heilk. 8 , 46 , 1924
- K e r e k e s , G . : Über die Funktion der Nasennebenhöhlen.
Ref. Zbl. Hals-usw. Heilk. 23 , 683 , 1934

- Koch, J. : Kritisches Übersichtsref. über die normale und patholog. Pneumatisation der Nebenhöhlen der Nase.
Arch. Ohrenheilk. 125 , 174 , 1930
- Komendantoff, L. E. : Über die Bedeutung der Nebenhöhlen der Nase für den Organismus.
Ref. Zbl. Hals-usw. Heilk. 7 , 334 , 1925
- Leicher, H. : Vererbung anatomischer Variationen der Nase, ihrer Nebenhöhlen und des Gehörgangs
München , Bergmann, 1928
- Lepneff, P. G. : Zur Frage der Variabilität der Stirnhöhlen. Arch. Ohrenheilk. 123,1,1929
- Logan und Turner : zit. bei Sitsen.
- Lutterberg, C. : Was sagt uns das Röntgenbild über Entwicklung und Ausdehnung der Stirnhöhle
Diss. Marburg , 1934
- Maurer, R. : Zur Physiologie der Schädelpneumatisation
Arch. Ohren-Hals-Kehlk. Heilk. 163,471, 1953
- Mihalkowics, V. : Bau und Entwicklung der pneumat. Gesichtshöhlen.
Verh. anat. Ges. 10. Vers. Berlin 1896
- Moczkowa, W. : Pol. Przegl. radiol. 1953 / 2
- Nishikawa, Y. : Fortschr. Röntgenstr. 31 , 1923/24
- Nylén, C. O. : On the absence of frontal sinuses in Roentgen examination and some clinical observations concerning this condition.
Acta Oto-Laryng. Stockholm 7,402,1925
- Oltersdorf, U. : Die Wachstumskräfte und die formalen Vorgänge der normal. und patholog. Pneumatisation des Gesichtsschädels.
Tübingen 1953
- Onodi, A. : Die Eröffnung der Schädelhöhle und Freilegung des Gehirns von den Nebenhöhlen der Nase aus. Würzburg 1911
- Patten, Grant, Yaskin : Arch. Neurol. Psychiatr. 37 , 108 , 1937
- Pernkopf, E. : Topographische Anatomie. Bd. IV , 2.
München, Berlin, Wien 1960
- Peter, K. : Entwicklungsgeschichte der Nase und der Nasennebenhöhlen.
Benker-Kahlers Hdb. f. Hals-usw. Heilk. 1 , 109 , 1925

- P ü s c h e l und S c h l o s s h a u e r : Über den Einfluß des Somatotropins und androgenen Hormons auf die Pneumatisation. Ref. XXVI Jahresvers. der Dt. Ges. der HNO-Ärzte, Konstanz 1955
Zbl. HNO 53 , 277 , 1955
- R a u b e r - K o p s c h : Lehrbuch der Anatomie. VII Auflage
Leipzig 1907
- R i c h t e r , S . : Ein Beitrag zur Entwicklung der Stirnhöhlen nach Beobachtungen an Röntgenbildern. Diss. Leipzig 1929
- R u n g e , H . G . : Die entzündlichen Erkrankungen der Nase. Hdb. der spez. pathol. Anatomie und Histologie von Henke-Lubarsch. Berlin 1928
- S c h o e n , H . : Medizinische Röntgentechnik. Lehrbuch. Stuttgart 1951
- S c h ü l l e r , A . : Das Röntgenogramm der Stirnhöhle. Mschr. Ohrenheilk. 55 , 1617 , 1921
- S c h w a r z , M . : Die Bedeutung der hereditären Anlage für die Pneumatisation der Warzenfortsätze und der Nebenhöhlen. Arch. Ohren- usw. Heilk. 123 , 161 , 1929
- S c h w e c k e n d i e k , W . und T a m b a , F . : Die Nasennebenhöhlen bei Spaltträgern. HNO, Wegweiser f.d. fachärztl. Praxis Bd. 11 Heft 3 , 72 , 1963
- S h e a , J . J . : The normal and pathol. development of the sinuses. Ref. Zbl. Hals- usw. Heilk. 10 , 508 , 1929
- S i e g e l b a u r , F . : Lehrbuch der normal. Anatomie des Menschen. 3. Aufl. Berlin, Wien 1935
- S i t s e n , A . E . : Entwicklung der Stirnhöhlen. Arch. Ohren- usw. Heilk. 140 , 79 , 1936
- S t e r n , L . : Entwicklung und Ausdehnung der Nasennebenhöhlen. Der HNO-Arzt 30 , 168 , 1939
- S t o p p a n i , E . : Diario radiol. 9, 1930
- S ü s s e , H . J . : Das Pneumatisationsproblem der Stirnhöhlen in dynamischer Sicht. Arch. Nasen- usw. Heilk. 184 , 115 , 1964
- S ü s s e , H . J . : Ist die Asymmetrie der Stirnhöhlen von pathognostischer Bedeutung ? Fortschr. Röntgenstr. 92 , 165 , 1960
- S ü s s e , H . J . : Gefäßzeichen im Areal der Stirnhöhle. Fortschr. Röntgenstr. 100 , 215 , 1964

- S ü s s e , H . J . und O e h m k e , H . J . : über die Asymmetrie der Stirnhöhlen und der vorderen Schädelgrube.
Nervenarzt Springer Heidelberg 1965
- T a n e w , U . : Entwicklung und Anomalie der Stirnhöhlen.
Radiol. Austr. 1 , 113 , 1948
- T a r e n e t z k y , A . : Die Stirnhöhlen des Siebbeines und ihre Öffnung in die oberen Nasengänge.
zit. bei Stern , L .
- T o i d a , N . : Über die Stirnhöhle des Chinesenschädels.
Ref. Zbl. Hals-usw. Heilk. 22 , 39 , 1934
- T ö n d u r y , G . : Angewandte und topographische Anatomie.
Ein Lehrbuch f. Studierende und Ärzte.
3.Aufl. Stuttgart 1965
- T o r c u t z k y : zit. bei Weinert
- T r o i t z k y : zit. bei Weinert
- U f f e n o r d e , W . : Ein Fall von Choanalatresie mit Demonstration.
Zschr. Laryngol. usw. 1,475,199
- V o e l c k e l , E . W . : Die Entwicklung der Nasennebenhöhlen im Kindesalter. Diss. Heidelberg 1957
- V y s l o n z i l , E . : Über die Entwicklung der Nasennebenhöhlen bei chron. Otitiden im Kindesalter.
Mschr. Ohrenheilk. 89 , 45 , 1955
- W a g e m a n n , N . K . W . : Aus B e r e n d e s , L i n k , Z ö l l n e r : HNO-Heilkunde. Ein kurzgef. Handbuch in 3 Bänden. Bd.1 , Stuttgart 1964
- W e i d e n r e i c h , F . : Über die morphologische Bedeutung der pneumatischen Nebenräume des Kopfes.
Ref. Zbl. Hals-usw. Heilk. 4 , 263 , 1924
- W e i c k m a n n , F . : Vikarierende Nebenhöhlenhyperplasie bei hypoplastischen Großhirnprozessen.
Fortschr. Röntgenstr. 88 , 432 , 1958
- W i t t m a a c k , K . : Über die normale und pathol. Pneumatisation des Schläfenbeines.
Jena : G.Fischer 1918
- Z a r n i k o , C . : Die Krankheiten der Nase und des Nasenrachenraumes. Berlin:Karger 1910
- Z u c k e r k a n d l , E . : Normale und pathol. Anatomie der Nasenhöhle und ihrer pneumatischen Anhangsge. Wien u. Leipzig : Braumüller 1893

Herrn Prof. Dr. med. H. J. Süsse danke ich
herzlich für die Anregung dieser Arbeit
und für seine Unterstützung und Beratung.
Herrn Prof. Dr. med. J. Berendes danke ich
für die Übernahme des Correferates.

Lebenslauf

Am 25. 1. 1939 wurde ich in Frankenstein / Schlesien als Sohn des Maschinentechnikers Georg August Fiegel und seiner Ehefrau Margarete geb. Kabirschke geboren. Nach der Vertreibung aus Schlesien wohnten wir zunächst in Sachsen und siedelten uns im Jahre 1948 in Laasphe in Westfalen an.

Dort besuchte ich die Volksschule und anschließend das staatliche Aufbaugymnasium, an dem ich im Jahre 1960 die Reifeprüfung ablegte.

Vom April 1960 bis zum Dezember 1961 leistete ich meiner Wehrpflicht genüge.

Im Januar 1962 begann ich das Studium der Medizin an der Universität Marburg. Hier bestand ich im August 1962 die naturwissenschaftliche Vorprüfung und im April 1964 die ärztliche Vorprüfung.

Ich bereite mich jetzt auf das Staatsexamen vor.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren Professoren und Dozenten

Amon, Beckmann, Braun-Falco, Brück, Bücher, Buchholz, Dimroth, Dölle, Drawert, Gedigk, Hensel, Hess, Heuser, Hildebrandt, Hohorst, Knauff, Lang, Linneweh, Mahr, Martini, Marx, Mattes, du Mesnil de Rochemont, Musso, Neubauer, Niessing, Petry, Rodeck, Rodenhäuser, Rohen, Salfeld, Schadewaldt, Schiff, Schwaiger, Seidel, Siegert, Siess, Spiegelberg, Stender, Straub, Süsse, Walcher, Würterle.

